

## **Análise da estrutura compósita sobre o comportamento dinâmico de laminados.**

**Elisa Marques Machado Coutinho<sup>(1)</sup>; Adriana Amaro Diacenco <sup>(2)</sup>.**

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Itajubá – FEPI , elisa-mm@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora Doutora no Centro Universitário de Itajubá – FEPI, adriana\_aadiacenco@yahoo.com.br

---

### RESUMO

A definição de estrutura compósita é dada pela combinação de dois ou mais materiais resultando em um material com melhor desempenho do que os seus componentes, resultando em materiais com propriedades mecânicas superiores. É comum a aplicação dos compósitos na aviação e veículos espaciais. Assim, com o avanço da tecnologia e o estudo dos materiais foi possível perceber algumas mudanças nos materiais devido a alteração da temperatura e mistura de outras substâncias. Sendo assim, é relevante realizar simulações numéricas afim de se compreender o comportamento mecânico desses materiais. Primeiramente, escolhe-se uma teoria analítica juntamente com método numérico, para este trabalho o método escolhido foi o de Elementos Finitos. Assim, como o objetivo do trabalho é a modelagem de placas compósitas, foi escolhida uma teoria adequada (HSDT – Teoria da Deformação Cisalhante de Ordem Superior) para o comportamento dessas placas dentre outras teorias estudadas. Apesar das suas desvantagens, uma vantagem de grande importância é a de que os resultados se aproximam dos reais sendo possível analisar da melhor forma os níveis de vibração entre as camadas das placas compósitas.

Palavras-chave: Material compósito. Laminado. Espessura da camada. Vibração da estrutura. Elementos finitos. FRF's.

---

### INTRODUÇÃO

De acordo com Carneiro *et al.* (2008), materiais compósitos podem ser definidos pela combinação de dois ou mais produtos que não são solúveis entre si, porém, para alguns autores, como Ventura (2009) não existe uma definição universalmente aceitável, mas ainda assim reconhece as características da composição desses materiais. Ainda, para autora a combinação dos compósitos implica na fabricação de duas fases, chamadas e matriz e reforço, que se resulta num material que possui um melhor desempenho do que os seus constituintes numa situação específica, originando novos materiais com propriedades mecânicas melhores. Para Ventura e Teixeira (2009), a matriz é envolvida pelo reforço em que pode ter em sua composição aditivos, como por exemplo, materiais de enchimento e aditivos que podem melhorar suas propriedades, como exemplo, pode-se citar, o material compósito chamado de betão armado considerado não tão frágil como o cimento e não tão corrosivo como o aço por si só (VENTURA, 2009).

Essa combinação de dois ou mais materiais foi importante também no passado para a evolução das civilizações. E de fato, essas civilizações antigas, tais como Idade da Pedra, Idade do Bronze e Idade do Aço, foram nomeadas de acordo com o grau de desenvolvimento relacionado aos materiais. O uso de materiais compósitos tornou-se muito comum na melhoria do desempenho de aviões militares e veículos espaciais. Com o avanço tecnológico e do estudo dos materiais, foi descoberto que as propriedades de um material podem ser alteradas através de tratamentos que envolve a sua temperatura e a adição de novas substâncias. Frente a isto, torna-se significativo para fins de análise e entendimento do comportamento mecânico destes materiais a simulação numérica, pois a partir dele pode-se prever o comportamento dos mesmos. Para simular o comportamento mecânico dos sistemas deve-se escolher uma teoria analítica que represente matematicamente o sistema juntamente com um método numérico. Um método numérico que vem sendo amplamente estudado e aplicado por diversos

pesquisadores é o Método de Elementos Finitos.

A proposta deste trabalho é a modelagem de placas compósitas e existem teorias analíticas que representam matematicamente o comportamento destas placas, tais como a Teoria da Deformação Cisalhante de Primeira Ordem (FSDT) e a Teoria da Deformação Cisalhante de Ordem Superior (HSDT) a principal diferença entre elas é o número de graus de liberdade e decorre disto o custo computacional para implementação.

Foi feita neste trabalho uma análise numérica comparando diferentes teorias que fazem uma previsão para o comportamento estático e dinâmico dos laminados. Das teorias estudadas, a que é objeto de estudo nesse trabalho é a HSDT (Teoria da Deformação Cisalhante de Ordem Superior) que apesar de apresentar um cálculo e implementação mais complexos, ao ser combinadas com outras técnicas pode demandar um maior tempo para gerar os resultados, mas é a que mais prevê os resultados próximos de resultados reais. Por conta da dificuldade da análise de amostras compósitas, modelos numéricos estão sendo mais utilizados por prever o comportamento dos materiais para minimizar os níveis de vibração das camadas dos laminados.

## MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada é numérico-computacional para descrever o comportamento da placa compósita. Para tanto, foi executado por meio da combinação da teoria HSDT, que possui inicialmente três equações com onze graus de liberdade e o método numérico chamado de Elementos Finitos (MEF) utilizando cálculos de matrizes a partir funções de aproximação, de forma e de interpolação. A Teoria HSDT é expressa por Lo et al. (1977); Faria (2007) através das seguintes equações:

$$u(x, y, z, t) = u_0(x, y, t) + z\Psi_x(x, y, t) + z^2\zeta_x(x, y, t) + z^3\Phi_x(x, y, t) \quad (1)$$

$$v(x, y, t) = v_0(x, y, t) + z\Psi_y(x, y, t) + z^2\zeta_y(x, y, t) + z^3\Phi_y(x, y, t) \quad (2)$$

$$w(x, y, z, t) = w_0(x, y, t) + z\Psi_z(x, y, t) + z^2\zeta_z(x, y, t) \quad (3)$$

Em que:  $\Psi_x$  e  $\Psi_y$  são as rotações dos segmentos normais à superfície de referência em torno dos eixos  $x$  e  $y$ . As funções  $\zeta_x$ ,  $\zeta_y$ ,  $\zeta_z$ ,  $\phi_x$ ,  $\phi_y$  são funções dependentes apenas das coordenadas  $(x, y)$ . (FARIA; 2006) São dadas as equações de deformação-deslocamento:

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u_0}{\partial x} + z\left(\frac{\partial \Psi_x}{\partial x}\right) + z^2\left(\frac{\partial \zeta_x}{\partial x}\right) + z^3\left(\frac{\partial \phi_x}{\partial x}\right) \quad (4)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial v_0}{\partial y} + z\left(\frac{\partial \Psi_y}{\partial y}\right) + z^2\left(\frac{\partial \zeta_y}{\partial y}\right) + z^3\left(\frac{\partial \phi_y}{\partial y}\right) \quad (5)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} = \Psi_z + 2z\zeta_z \quad (6)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = \left(\frac{\partial v_0}{\partial x} + \frac{\partial u_0}{\partial y}\right) + z\left(\frac{\partial \Psi_y}{\partial x} + \frac{\partial \Psi_x}{\partial y}\right) + z^2\left(\frac{\partial \zeta_y}{\partial x} + \frac{\partial \zeta_x}{\partial y}\right) + z^3\left(\frac{\partial \phi_y}{\partial x} + \frac{\partial \phi_x}{\partial y}\right) \quad (7)$$

$$\gamma_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} = \left(\frac{\partial w_0}{\partial y}\right) + \left(z\frac{\partial \Psi_z}{\partial y} + z^2\frac{\partial \zeta_z}{\partial y}\right) + \Psi_y + 2z\zeta_y + 3z^2\phi_y \quad (8)$$

$$\gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} = \left(\frac{\partial w_0}{\partial x}\right) + \left(z\frac{\partial \Psi_z}{\partial x} + z^2\frac{\partial \zeta_z}{\partial x}\right) + \Psi_x + 2z\zeta_x + 3z^2\phi_x \quad (9)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se obter as FRFs (funções de resposta em frequência) para as diferentes sequências de empilhamento e variações de espessuras das placas compósitas e fazer a verificação da influência desta variação nas FRFs.

## CONCLUSÕES

Até o presente momento as devidas conclusões ainda se encontram em desenvolvimento.

## AGRADECIMENTO

Agradeço à FAPEMIG pela concessão da bolsa.

## REFERÊNCIAS

FARIA, A. W. **Modelagem por elementos finitos de placas compostas dotadas de sensores e atuadores piezoelétricos: implementação computacional e avaliação numérica.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

DIACENCO, A.A. **Modelagem por elementos finitos de materiais compósitos incorporando material viscoelástico para o controle passivo de vibrações e ruído.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Materiais para Engenharia) – Instituto de

Ciências Exatas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

DIACENCO, A. A. **Modelagem de Otimização Aplicada à Topologia de Sensores para Identificação e Localização de Danos em Placa Compósita.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

CARNEIRO, L. A. V., TEIXEIRA, A. M. A. J., **Propriedades e características dos materiais compósitos poliméricos aplicados na Engenharia de Construção,** 2008.

VENTURA, A. M. F. M., **Ciência & Tecnologia dos Materiais,** Vol. 21, n.º 3/4, 2009

## COMPARAÇÃO DOS AÇOS DE CLASSE M E T

Jean José Ribeiro <sup>(1)</sup>; João Pedro Correa Campos <sup>(2)</sup>; Milene Aline da Silva <sup>(3)</sup>; Adriana Amaro Diacenco <sup>(4)</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Itajubá – FEPI. E-mail: jeanlxs@outlook.com

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Itajubá – FEPI. E-mail: jpedro.1994@outlook.com

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Itajubá – FEPI. E-mail: alinedasilvam@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Orientadora/Professora no Curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário de Itajubá – FEPI. E-mail: adriana\_aadiacenco@yahoo.com.br

---

### RESUMO

Com o passar dos anos, o aço tornou-se algo cada vez mais presente em nosso dia a dia. Seja na construção civil, no ambiente doméstico, na indústria, no ambiente hospitalar ou em nossos automóveis, o aço se faz sempre presente, sendo ele, a matéria prima essencial na produção de diversos itens presentes em nossas vidas. Por esse motivo, o presente trabalho visa apresentar a comparação entre os aços M e T, por meio de levantamento bibliográfica, expondo assim, suas especificações e diferenças.

Palavras-chave: Aços – Comparação – Classe M – Classe T

---

### INTRODUÇÃO

Apesar de existirem vestígios que comprovam que o ferro já se fazia presente desde a vinda da família Real para o Brasil, segundo NEVES e CAMISASCA (2013), foi em 1589 que Afonso Sardenha iniciou o processo de industrialização do ferro no país. A partir deste fato, com o passar do tempo, foi se descobrindo o aço, que se mostrava mais resistente, mais fácil de ser soldado, com longa durabilidade e 100% reciclável. As primeiras ligas de aço conhecidas, foram resultado de “impurezas” de carbono que os fornos antigos produziam, as quais entravam em contato com o ferro.

Segundo o Instituto Aço Brasil, os aços são aplicados na construção civil, na indústria, nos transportes, na infraestrutura, na agricultura, em maquinários, em embalagens de alimentos, produtos químicos, tintas, gases, além dos setores de produção de energia. Recentemente, essa matéria prima também tem sido utilizada na produção de obras de arte.

A utilização do aço se faz muito importante em diferentes setores, como no setor de

geração de energia, que tem o aço como uma excelente matéria prima por sua grande resistência mecânica, resistência à corrosão e altas temperaturas, além de seu maior tempo de vida útil. Como afirma FERRAZ (2005) nos setores da construção civil e no ambiente doméstico, o aço também é importante, não só por sua durabilidade e resistência, mas também por ser um material acessível, sustentável, seguro, versátil e esteticamente bonito.

Baseado nas ideias de CHIAVERINI (1984), o aço carbono são ligas de Ferro Carbono contendo geralmente de 0,008% até 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais resultantes dos processos de fabricação. Ele é subdividido em: Aços de baixo teor de carbono, que possuem grande ductilidade, bons para o trabalho mecânico e soldagem; aços de médio carbono, que são aços utilizados em engrenagens, bielas, os quais atingem boa tenacidade e resistência; aços de alto teor de carbono, utilizados em molas, engrenagens, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, pequenas ferramentas, entre outros.

Segundo FERRARESI (1977), os aços rápidos são os melhores tipos de aço para ferramenta.

Os aços em seu estado recozido são constituídos de ferrita e carbonetos.

A resistência ao desgaste é uma característica importante que tem relação com a eficiência de corte dos aços rápidos.

A tenacidade é uma combinação de ductilidade e resistência elástica.

Serão comparados os aços de classe M e T. Os aços de classe M, que são a base da composição química Molibidênio é utilizado como substituto parcial do T tem sua composição à base do elemento químico Tungstênio, ambos são utilizados em fabricação de ferramentas.

Os aços de classe M tem apresentado melhor tenacidade á uma mesma dureza, já os de classe T tem sua resistência á abrasão.

### Formação dos aços

A formação dos aços tanto da classe T como da classe M, tem uma pequena variação em sua composição química, variando a quantidade de elementos químicos de um fornecedor para outro. Como segue abaixo um comparativo realizado por uma empresa de aço AR AUTOMAÇÃO, tirando como comparação os aços M2, M3 E M4, que são de mesma classe porém com variações na quantidade de elementos químicos.

Fornecedor 01	Código	S690 MICROCLEAN	S790 MICROCLEAN
Similaridade	W.Nr	<1.3244>	<1.3345>
	AISI	~M4	~M3 CL.2
Composição Química (%)	C	1,33	1,30
	Si	0,35	0,50
	Mn	0,30	0,30
	Cr	4,30	4,20
	Mo	4,90	5,00
	V	4,10	3,00
	W	5,90	6,30
Durezas	Máx. Obt.	64/66 HRC	64/66 HRC
	Trabalho	60/64 HRC	60/64 HRC

Os materiais S690 e S790 apresentam alta resistência ao desgaste com ótima tenacidade e resistência à compressão.

Fornecedor 02	Código	CPM M4
Similaridade	AISI	M4
Composição Química (%)	C	1,42
	Si	-
	Mn	-
	Cr	4,00
	Mo	5,25
	V	4,00
Durezas	Máx. Obt.	66 HRC
	Trabalho	60/64 HRC

Obs.: Todos os itens citados acima são classificados como AÇO RÁPIDO e possuem as mesmas aplicações, porém, com variação

das propriedades mecânicas devido a diferença na composição química.

Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo comparar os aços das classes M e T forma qualitativa, visando diferenciá-los e especifica-los.

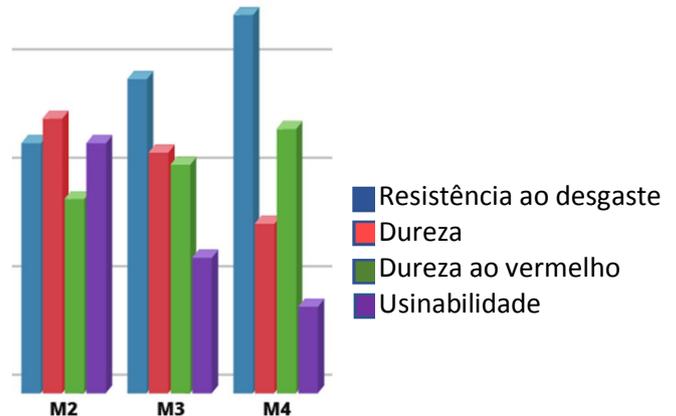
### MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho busca realizar a comparação dos aços de classe M e T por meio de Pesquisa Bibliográfica, partindo da análise de livros e artigos científicos, além da comparação e descrição de tabelas. Sendo assim, essa pesquisa baseia-se em dados científicos, buscando comparar de modo qualitativo os aços anteriormente citados. Finalmente, a conclusão do trabalho, buscou apresentar as diferenças e especificações dos aços pesquisados.

Os materias utilizados foram livros, sites de empresas de aços e informações de fornecedores.

### RESULTADOS

A seguir o gráfico com o resultado das comparações realizadas pela empresa AR AUTOMAÇÃO, com base na classe M.



### GRÁFICO COMPARATIVO

### CONCLUSÕES

Pelos dados referenciados em livros, ambos aços são para aplicações de ferramentas e

umas das

diferenças importantes entre eles é a dureza. Os aços da classe T são de maior dureza, assim fazendo com que sua resistência seja menor em comparação aos de classe M (os mais utilizados em fabricações de ferramentas).

## REFERÊNCIAS

CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G.. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 817 p.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos**. 5. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1984. 518 p.

FERRAZ, Henrique. **O Aço na Construção Civil**. São Paulo: Unicamp, 2005. Disponível em:  
<http://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST114/O%20A%C7O%20NA%20CONSTRU%C7%C3O%20CIVIL.pdf> Acesso em: 21 ago. 2017

NEVES, Osias Ribeiro; CAMISASCA, Marina Mesquita. **Aço Brasil : uma viagem pela indústria do aço**. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 2013. 192 p.

APLICAÇÕES DO AÇO, Instituto Aço Brasil. Disponível em:  
<http://www.acobrasil.org.br/site2015/aplicacoes.asp> Acesso em: 22 ago. 2017

FERRARESI, Dino; **Usinagem dos Metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977, 751 p.

Empresa de aço AR AUTOMAÇÃO

## ESTUDO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE FONTES RENOVÁVEIS: foco no sistema eólico mundial e brasileiro

**Bruno Henrique David Lima** – bruno\_h\_93@hotmail.com - Fepi (Discente do Centro Universitário de Itajubá) – Engenharia Mecânica.

**Pâmella Duarte dos Santos** – pamsds@yahoo.com.br – Fepi (Docente do Centro Universitário de Itajubá).

---

### RESUMO

Este artigo trata da produção de energia elétrica através de fontes renováveis, dando foco na energia eólica. Pode-se notar que o mercado eólico vem crescendo e dominando cada vez mais parte da produção de energia que era predominantemente produzida por recursos não-renováveis. Através de uma revisão bibliográfica, foram analisados dados e gráficos sobre a produção e o consumo mundial de energia eólica em um cenário “moderado” feito pelo Global Wind Energy Council (GWEC) juntamente com a International Energy Agency (IEA) e com base nestes dados foram analisados o cenário mundial e brasileiro para este tipo de produção de energia mostrando algumas vantagens e desvantagens para este tipo de sistema.

Palavras-chave: fontes renováveis, energia eólica, GWEC, IEA

---

### INTRODUÇÃO

Entende-se por energias renováveis todo tipo de energia que provém de recursos que são naturalmente reabastecidos pela natureza, como a energia do sol, das marés, dos ventos, da chuva, entre outros. Este tipo de energia está sendo mais utilizada com o passar dos anos, já que o petróleo, carvão mineral, gás natural, entre outros tem uma fonte finita e gera grandes riscos ambientais, com isso estudos vêm sendo realizados para viabilizar o mercado de energias renováveis.

Nos dias de hoje, a eletricidade se tornou algo indispensável na vida de qualquer ser humano, pois ela está diretamente ligada a serviços que são considerados básicos, como iluminação, refrigeração e comunicação, para a sobrevivência, bem estar e boa qualidade de vida de qualquer pessoa.

Este artigo tem como objetivo tratar sobre o uso de energias renováveis, dando um maior foco para a fonte eólica que vem crescendo e ganhando espaço em grande parte do mundo com o passar dos anos, analisando este tipo de produção energética no mundo e no Brasil. Por ser inesgotável e limpa, a fonte eólica vem se destacando com o passar dos anos. Seu potencial de geração de energia vem sendo ampliado e grandes países como Alemanha, Estados Unidos e China começaram a adicionar uma enorme

quantidade de parques eólicos em suas matrizes.

### MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo é uma revisão bibliográfica de outros trabalhos publicados na Revista Brasileira de Energia vol.20 n° 1 e 2, do 1° e 2° semestre do ano de 2014, respectivamente. Essa revista é organizada pela Sociedade Brasileira de Planejamento Energético (SBPE) e por isso foram selecionados trabalhos que tinham como objetivo tratar a respeito do mercado de energias renováveis no Brasil e no Mundo para ser o referencial teórico desta pesquisa, além da Revista USP, organizada pela Universidade de São Paulo (USP).

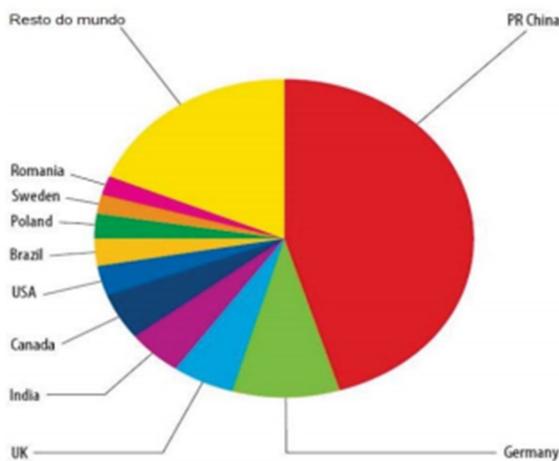
Após uma primeira análise dos trabalhos, foram escolhidos aqueles que tinham dados relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa. Gráficos foram utilizados para melhorar a visualização dos dados encontrados, facilitando o entendimento e comprovando a viabilidade do uso da energia eólica.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Goldemberg e Lucon (2006-2007), o Mundo já utilizou cerca de 80% das reservas fósseis para geração de energia e estima-se que em 50 anos esta reserva irá acabar, o que leva a procura de outros tipos de fontes para poder produzir energia que

venha suprir a necessidade mundial e dar início a um desenvolvimento sustentável. A geração de energia através dos ventos se expandiu e cresceu de forma considerável nos últimos anos, chegando a atingir a escala de gigawatts. (GARBE et al, 2014). A figura a seguir mostra os 10 países com os maiores potenciais energéticos instalados, comprovando o grande potencial de geração de energia pela fonte eólica.

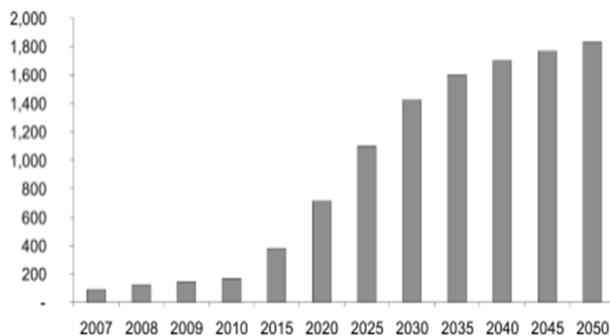
Figura 1 – Países com as dez maiores instalações em 2013. (Global Wind Energy Council, 2010)



Fonte: Andrade et al (2014)

O GWEC (Global Wind Energy Council) e a IEA (International Energy Agency) estudaram possíveis cenários para o potencial de energia eólica mundial. Em um cenário considerado como “moderado” o seguinte gráfico mostrado na Figura 2 foi desenvolvido, mostrando o potencial instalado mundial de 2007 até 2050.

Figura 2 : Capacidade Instalada Global Acumulada para 2007-2050 (GWe)

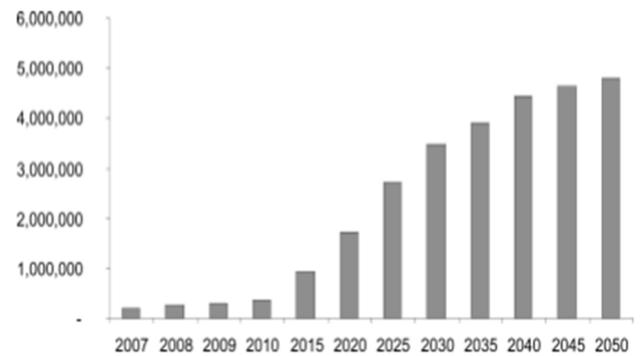


Fonte: Oliveira et al (2014)

Pode-se notar que a capacidade global instalada e energia eólica (CGLEE) irá chegar a 1.834 GWe, isso significa uma capacidade 18,5 vezes maior que o ano base utilizado (2007). (OLIVEIRA et al, 2014).

Foram criados também outros dois cenários considerados “moderados”, estes cenários estão representando em gráficos na Figura 3 e 4, um para a produção global de energia eólica e o outro para o seu consumo, respectivamente.

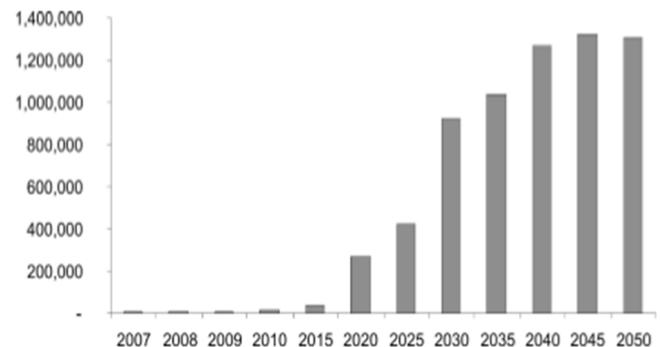
Figura 3: Produção Global de Energia Eólica (GWh) para 2007-2050



Fonte: Oliveira et al (2014)

Em relação a capacidade de produção global de energia, prevê-se 4.818,6 TWh, juntamente com *repowering* dos parques eólicos já em funcionamento. (OLIVEIRA et al, 2014).

Figura 4: Consumo Global de Energia Eólica (GWh) para 2007-2050



Fonte: Oliveira et al (2014)

Pelo gráfico apresentado anteriormente nota-se que o consumo de energia eólica tende a aumentar a partir de 2015. (OLIVEIRA et al, 2014)

De acordo com Pacheco (2006), o Brasil tem cerca de 45% de sua fonte de geração de energia através de matrizes renováveis, já que o mesmo possui uma enorme diversidade de recursos naturais, o

que nos deixa à frente de outros países. Uma prova disso é a capacidade de produção eólica estimada em 143,47 GW, (TIEPOLO et al, 2014).

A produção de energia através dos ventos começou a integrar o cenário brasileiro em meados dos anos 90 e nessa época passou por diversas dificuldades, seja em quesitos técnicos, estratégicos ou devido a um certo receio, pois esse setor era uma novidade e por isso o dinheiro investido era limitado, já que faltavam dados consistentes e confiáveis sobre sua viabilidade técnica e econômica. Os obstáculos foram superados e um mercado consolidado e irreversível começa a tomar forma. (ANDRADE et al, 2014).

Para produção de energia eólica faz-se o uso das correntes de ar que movimentam a atmosfera, e estas possuem energia cinética gerada pelo aquecimento desigual na superfície da Terra, logo aproveita-se este tipo de energia através da rotação das pás de aerogeradores que estão ligadas em uma turbina que acionam um gerador elétrico.

O uso deste tipo de energia traz benefícios e malefícios que devem ser levados em consideração ao ser implementada. Alguns dos benefícios são: 1) uma energia mais limpa, pois não gera resíduos que podem ser descartados de forma incorreta no meio ambiente; 2) possui uma fonte inesgotável; 3) os parques eólicos podem ser usados para criação de gado e cultivo na agricultura; 4) não necessita de manutenção frequente e 5) os aerogeradores gastam em torno de 6 meses para recuperar a energia que foi gasta em sua fabricação. Já alguns dos malefícios são: 1) a poluição sonora, que chega a impactar em 200 metros de distância; 2) afeta o compartimento migratório das aves, causando a morte de algumas delas e 3) como necessita de um fenômeno natural a produção de energia pode não atingir o esperado.

## CONCLUSÕES

Levando em consideração os dados apresentados, vê-se que o mercado eólico está em ascensão, podendo facilmente substituir os atuais meios de geração de energia. O Brasil pode se tornar um grande produtor na área, pois possui um enorme potencial eólico que pode despertar a atenção de empreendedores. No que se diz respeito aos prós e contras, os pontos positivos superam os negativos, já que estes podem ser diminuídos, como é o caso da falta de ventos para geração de energia que poder ser resolvida com a utilização de um sistema híbrido.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Humberto Dionísio de; OLIVEIRA, Antônio Felipe de Freitas; PINTO, Milton de Oliveira. Panorama do mercado eólica brasileiro – análise de investidores e fabricantes. **Revista Brasileira de Energia**, v. 20, n. 2, p. 107-117, 2014.

GARBE, Ernesto Augusto; MELO, Renato de; TOMASELLI, Ivan. Projeto conceitual e análise de viabilidade econômica de unidade de geração de energia elétrica eólica na Lagoa dos Patos – RS. **Revista Brasileira de Energia**, v. 20, n. 1, p. 53-77, 2014.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, n. 72, p. 6-15, 2007.

OLIVEIRA, Wagner S.; FERNANDES, Antônio J.; PEREIRA, Elizabeth T.. Tendências do preço da eletricidade na indústria eólica global para 2050. **Revista Brasileira de Energia**, v. 20, n. 1, p. 79-105, 2014.

TIEPOLO, Gerson Máximo; JÚNIOR, Osiris Canciglieri; JÚNIOR, Jair Urbanetz. Estudo do potencial de participação das fontes renováveis de energia na matriz elétrica no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Energia**, v. 20, n. 2, p. 79-90, 2014.

## AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DE UM KIT GERADOR DE HIDROGÊNIO PARA UM VEÍCULO CONVENCIONAL

**Thiago Gonçalves de Oliveira**, Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Engenharia Mecânica, tgo.oliveira22@gmail.com <sup>(1)</sup>; Professor Orientador **Fábio Luís Figueiredo Fernandes**, Centro Universitário de Itajubá – FEPI, fabiofepe@yahoo.com.br <sup>(2)</sup>.

### RESUMO

Nesta pesquisa, planeja-se realizar um estudo sobre a eficiência da produção de hidrogênio de um kit experimental para um automóvel convencional, através da eletrólise da água, sendo analisado se as condições resultantes serão capazes de fornecer energia necessária e assim propondo-se alternativas para maior rendimento e redução do consumo de combustível. No processo de eletrólise, o hidrogênio produziria energia limpa para o veículo, o qual reflete em seu desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: **Geração de hidrogênio, energia limpa, desenvolvimento sustentável.**

### INTRODUÇÃO

Em discussão atualmente a nível mundial, a preocupação com o meio ambiente tem sido bastante relevante no meio social e, especificamente neste trabalho, sobre os gases poluentes emitidos pelos automóveis. Para isso, uma das alternativas pode ser a geração de hidrogênio em veículos convencionais, que reduzirá a injeção de combustível pelo motor e assim reduzindo a emissão de poluentes.

Este processo de geração de hidrogênio se dá através da eletrólise da água, que é uma das mais importantes maneiras de obtenção do elemento, contribuindo para sua produção de forma sustentável e eficiente, segundo KNOB (2013).

Ademais, como explica SALIBA-SILVA e LINARDI (2008), diversos debates são feitos em relação à utilização da energia do hidrogênio, por ser um elemento de obtenção bastante flexível.

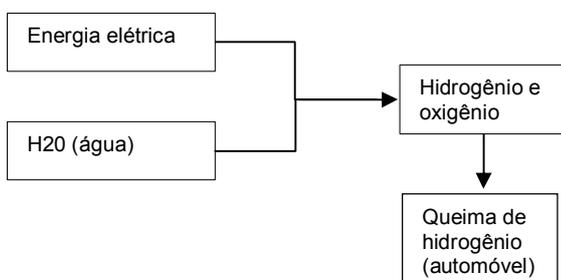
O processo de eletrólise da água consiste na quebra de sua molécula em dois elementos: hidrogênio e oxigênio. É necessária a passagem de corrente elétrica pelo sistema e a utilização de um eletrólito.

Esta pesquisa possui como objetivo o estudo sobre a eficiência na geração de hidrogênio através de um kit adquirido.

### MATERIAL E MÉTODOS

Na primeira etapa do projeto, a pesquisa bibliográfica proporcionou maior conhecimento referente à eletrólise e geração de hidrogênio. Após esse período, com a segunda etapa, pode-se observar o rendimento em sua produção de hidrogênio. Para a realização do experimento, é preciso colocar 500 ml de água no recipiente e mais 500 ml para dissolver a substância, o eletrólito, em outro utensílio. Inicialmente, são colocadas entre 5 g e 12 g da substância na água. Após a dissolução, a mistura é colocada no recipiente para funcionamento da célula.

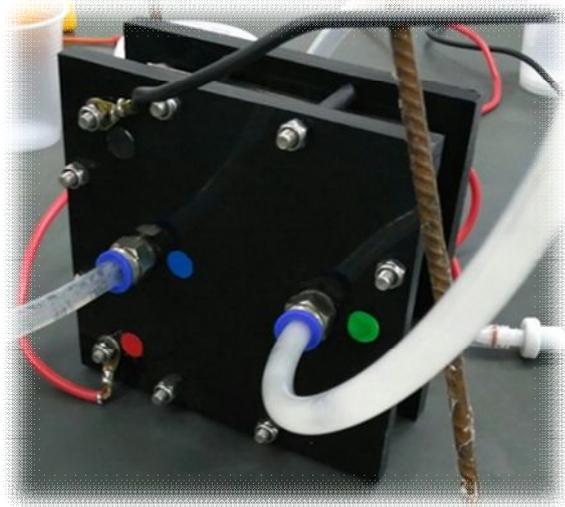
Caso seja necessário, pode-se adicionar gramas da substância para maior passagem da energia elétrica no sistema.



Esquema 1: Geração de hidrogênio

Fonte: Elaborada pelo autor

Como a eletrólise depende da passagem de corrente elétrica, utilizou-se uma fonte de energia de 12 V, corrente contínua. É possível medir a quantidade de energia que está passando pelo sistema através de um multímetro.



**Imagem 1: Célula geradora de hidrogênio**

Fonte: Foto do autor

A quebra de molécula da água ( $H_2O$ ) ocorre na célula geradora, dada pela passagem da energia, separando os átomos de hidrogênio e oxigênio. Após a quebra, o gás passa por um filtro e em seguida pelo fluxômetro, indicando o nível de vazão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro teste, foram utilizados 500 ml de água natural para dissolução da substância (12g) e 500 ml para serem colocados no reservatório. A temperatura da água antes de ser incluída no sistema era de 28,6 °C. A célula foi ligada, através da fonte de 12 V. Após 25 minutos, a temperatura da água no reservatório foi de 35,8 °C. A medição com o multímetro indicou que estavam passando cerca de 5,3 A pelo sistema. O índice de vazão no fluxômetro registrou valores abaixo de 1 l/min.

Para o segundo teste foi utilizada água mineral. A tabela a seguir apresenta os dados do experimento:

Temperatura inicial	Substância e sua quantidade	Corrente elétrica	Temperatura no reservatório
25 °C	7g de hidróxido de potássio	5,5 A	40 °C

**Tabela 1: Segundo teste para geração de hidrogênio**

Fonte: Dados do experimento do autor

Para o índice de vazão, foi apresentado cerca de 1 l/min.

O terceiro teste, realizado com cloreto de sódio em água natural, aponta os resultados da tabela seguinte:

Temperatura inicial	Substância e sua quantidade	Corrente elétrica	Temperatura no reservatório
29 °C	20g de cloreto de sódio	1,4 A	30 °C

**Tabela 2: Terceiro teste para geração de hidrogênio**

Fonte: Dados do experimento do autor

Neste último experimento, o valor de vazão foi quase nulo.

## CONCLUSÕES

A partir dos dados do experimento, pode-se observar baixa corrente elétrica, o que resulta no fluxômetro apresentando um valor de pouca vazão. Sendo assim, segundo os dados apresentados no funcionamento do kit, a queima do hidrogênio para ser utilizada junto ao combustível do automóvel será pouco viável. Para a potência necessária e consequentemente redução de combustível, é preciso um valor maior de vazão.

## REFERÊNCIAS

KNOB, D. **Geração de hidrogênio por eletrólise da água utilizando energia solar**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2013.

SALIBA-SILVA, A. M.; LINARDI, M. **Hidrogênio nuclear – possibilidades para o Brasil**. Centro de Células a Combustível e Hidrogênio, Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares (IPEN-CNEN/SP), São Paulo, 2008.

## A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA EFICIÊNCIA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

**Daniel Cedric Borges Ribeiro** FEPI - Centro Universitário de Itajubá - Engenharia Mecânica;  
**Túlio André Paiva** FEPI - Centro Universitário de Itajubá - Engenharia Mecânica.

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo abordar a influência da temperatura na eficiência de geração de energia solar em energia elétrica em um sistema fotovoltaico (FV). A partir de uma revisão bibliográfica da literatura específica será apresentado os efeitos da variação de temperatura no painel fotovoltaico na sua capacidade de gerar energia elétrica. Uma vez conhecido o processo pela qual a temperatura influi na eficiência da placa fotovoltaica será proposto uma forma de retirar esta energia térmica do painel, utilizando uma placa de aquecimento solar. Ou seja, utilizando o efeito de troca térmica entre a placa e o vazão de água, como pode ser combinado esta placa de aquecimento com o painel fotovoltaico visando melhoria da eficiência na geração de energia elétrica. Outro ponto importante além do aumento da eficiência da placa fotovoltaica é a geração de água térmica como um segundo produto da combinação destas duas tecnologias. Desta forma, busca-se combinar-se uma placa fotovoltaica com uma placa de aquecimento solar comercial, com uma dada com configuração e vazão de água que atenda tanto o aumento de eficiência da placa fotovoltaica quanto a geração de água quente.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica, Aquecimento Solar, Eficiência Energética

### INTRODUÇÃO

De acordo com DUBEY, Swapnilet AL(2012) a temperatura tem um papel importante na eficiência elétrica de um sistema fotovoltaico. Para uma análise de eficiência confiável comparando diferentes marcas de fornecedores de sistemas fotovoltaicos, deve-se estabelecer alguns parâmetros, que seguem a STC (*Standard Testing Conditions*), traduzido para o português como Condições Normais de Ensaio. Segundo SMETS et al(2016), os testes devem ser parametrizados, como sendo, a Irradiação Solar igual a 1000W/m<sup>2</sup>(essa energia é uma média da quantidade de luz solar que incide na superfície do planeta Terra), a temperatura do painel fotovoltaico deve ser mantida em 25°C e a massa de ar igual a 1.5(este número refere-se à quantidade de luz que tem que passar pela atmosfera terrestre antes que possa “tocar” a superfície da Terra, e tem a ver principalmente com o ângulo do sol em relação a um ponto de referência sobre a terra).

Após a análise ser feita dentro dos parâmetros estabelecidos pela STC, e partindo do princípio que focaremos em placas feita com o silício cristalino, que é um metal semicondutor, tetra-valente assim como o carbono. Desta

Forma pode ser feita uma tabela que informa a eficiência do painel fotovoltaico.

Quando é mencionado a eficiência de um painel fotovoltaico, entende-se que é a sua capacidade em converter a energia irradiada pelo sol (fótons), que incide em sua superfície, em energia elétrica para consumo. Podemos verificar a porcentagem de eficiência energética na tabela adaptada abaixo:

Tabela 1 – Tabela de Eficiência Energética

EFICIÊNCIA	PERCENTUAL DO TOTAL DE PAINÉIS PRODUZIDOS*	DE UMA FORMA SIMPLES
>=16%	~ 10%	OS PAINÉIS MAIS EFICIENTES
15% - 15,9%	~ 30%	ACIMA DA MÉDIA DE EFICIÊNCIA
14% - 14,9%	~ 30%	EFICIÊNCIA OK
13% - 13,9%	~ 20%	ABAIXO DA MÉDIA DE EFICIÊNCIA
<13%	~ 10%	OS PAINÉIS MENOS EFICIENTES

Fonte: Adaptado do INMETRO

### MATERIAL E MÉTODOS

Básicamente, os materiais e métodos usados para criação desse artigo foram realizados por meio de revisão bibliográfica,

baseado em artigos e livros nacionais e internacionais, todos com enfoque em energia solar e o papel exercido pela temperatura na eficiência em converter de energia solar em elétrica.

Com base nos parâmetros da STC e de acordo com FESHARAKI et AL(2011), a mudança na temperatura afetará a eficiência em geração de energia elétrica das células. A tensão depende diretamente da temperatura e um aumento da mesma fará a tensão diminuir. As figuras 1 e 2 ilustram o que foi mencionado acima:

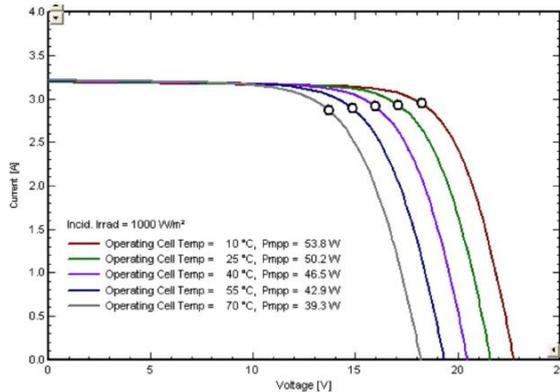


Figura 2 – Resultado do gráfico  $i(A) \times V(V)$  com aumento de temperatura

Fonte: Yang, D.J, 2011

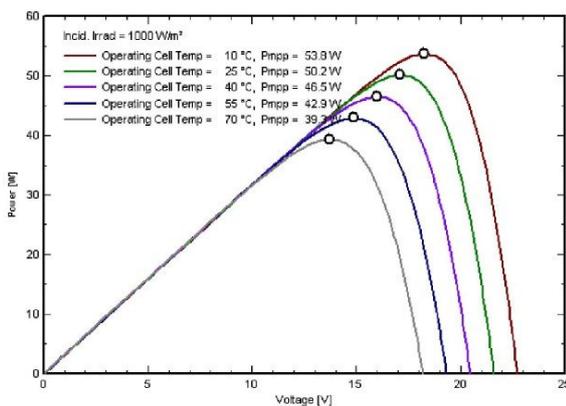


Figura 3 – Resultado do gráfico  $P(W) \times V(V)$  com aumento de temperatura

Fonte: Yang, D.J, 2011

A figura 2 trás o efeito negativo da temperatura com Irradiação Solar constante (Qiang and Nan, 2010). Com a diminuição da temperatura, a corrente FV diminui ligeiramente mas a tensão FV aumenta claramente. Assim, a figura 3 indica o resultado do aumento da potência obtida com a diminuição da temperatura.

Desta forma, existem varias soluções para fim de diminuir a temperatura na célula FV e, portanto aumentar sua eficiência. Entretanto, esse artigo abordará o uso de placas(painéis). Composto por um painel fotovoltaico simples que diminui sua eficiência quando a temperatura aumenta, então para diminuir a temperatura vamos usar o mesmo

sistema de aquecimento solar para aproveitar a temperatura “extra” das células fotovoltaicas para aquecer água e assim diminuir a temperatura nas células, fazendo com que sua eficiência retorne ao especificado pelo fabricante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a simulação e experimentos realizados por Yang et al ,é notável que Graded material funcionalizado usado no coletor solar, podem eficazmente reduzir a temperatura do painel FV.

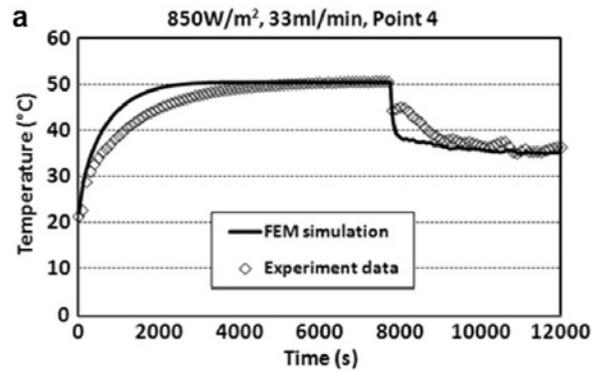


Figura 4 – Análise de temperatura com Irradiação solar igual a 850W/m²

Fonte: Yang, D.J. et AL

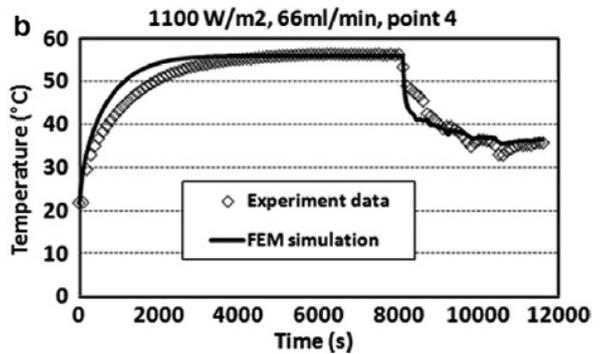


Figura 5 – Análise de temperatura com Irradiação solar igual a 1100W/m²

Fonte: Yang, D.J. et al

Para ambos os casos, figuras 4 e 5, nota-se a queda de temperatura. Porém, para o caso da figura 5, para um Irradiação Solar de 1100W/m², bem próxima dos parâmetros estabelecidos pela STC, a temperatura pode ser reduzida de 55°C para 35°C. Utilizando um painel com estrutura cristalina de Silicio com coeficiente de eficiência de 13%, a eficiência da célula FV cai para 10,8% a temperatura de 55°C e se recupera para 12,3% a temperatura de 35°C. Portanto, a eficiência da célula FV pode se manter em 95%, até mesmo, se a Irradiação Solar for menor que 1100W/m² (Yang, D.J., 2011)

## CONCLUSÕES

Foi concluído que todo o conjunto, que é composto por um sistema fotovoltaico e um sistema de aquecimento solar juntos no mesmo painel mostra resultados promissores. Ao retirar calor da célula fotovoltaica para aquecer a água, esse sistema faz com que a eficiência do sistema chega a 12,3%, que corresponde a 95% de eficiência de acordo com as informações coletadas.

## REFERÊNCIAS

Yang,D.J, Yin,H.M, Energy conversion efficiency of a novel hybrid solar system for photovoltaic, thermoelectric, and heat utilization, IEEE Transections on Energy Conversion, Vol. 26, N° 2, JUNE 2011

Yang,D.J., Yuan,Z.F., Lee,P.H., Yin,H.M., Simulation and experimental validation of heat transfer in a novel hybrid solar panel, International Journal of Heat and Mass Transfer, 2011

Fesharaki,V.J., Dehghani,M., Fesharaki,J.J., The Effect of Temperature on Photovoltaic Cell Efficiency, Proceedings of the 1st International Conference on Emerging Trends in Energy Conservation - ETEC, Tehran, Iran, 20-21 November 2011

Smets A., Jäger K., Isabella O., René ACMM V.S., Zeman M.  
Solar energy - The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and Systems, 2016

Dubey S., Sarvaiya J.N., Seshadri B., Temperature Dependent Photovoltaic (PV) Efficiency and Its Effect on PV Production in the World A Review, PV Asia Pacific Conference, Cingapura, 2012.

Qiang F. and Nan.T., A Complex-Method-Based PSO Algorithm for the Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic System, in Information Technology and Computer Science (ITCS), Second, 2010

## Método dos elementos finitos com aplicação em análise estrutural.

**Eduardo Henrique Contini da Luz FEPI - Centro Universitário de Itajubá Engenharia Mecânica;**  
**Mauricio Eduardo Lopes FEPI - Centro Universitário de Itajubá Engenharia Mecânica**

---

### RESUMO

Este estudo tem como finalidade apresentar uma modelagem matemática com o uso Método dos Elementos Finitos (MEF) aplicado em análise estrutural em componentes mecânicos. Será feita uma análise estática para se obter as reações externas e internas que agem em um componente quando este é solicitado, bem como os deslocamentos e tensões considerando a concentração de tensões em certos locais da estrutura, devido ao estrangulamento da seção do componente estudado. Serão empregados alguns tipos de materiais para se obter o comportamento destes para uma mesma geometria. Para a simulação da análise estrutural, utilizando o MEF, será utilizado o software ANSYS® 18 e algumas bibliotecas "static structural" disponíveis. Posteriormente, serão realizados aprimoramentos na modelagem MEF a fim de se obter melhores resultados e fazer as comparações dos resultados. Como atividade prática adicional serão realizados ensaios de tração em corpos de prova de materiais utilizados na simulação computacional a fim de se conhecer os procedimentos de ensaio de materiais e contrastar os resultados obtidos com os da literatura. Com o presente estudo pode-se prever o comportamento de estruturas frente as condições que estas trabalham, bem como analisar o melhor material a ser empregado adequando-se as necessidades de projeto. O método escolhido e a simulação podem ser utilizados para vários tipos de estruturas auxiliando em diversos projetos de engenharia.

Palavras-chave: Análise Estrutural, Método dos Elementos Finitos, ANSYS® 18, Ensaio de Tração.

---

### INTRODUÇÃO

Segundo Leet et all (2009) a análise estrutural consiste no cálculo de forças em estruturas quando solicitadas. Fazer diagramas de cisalhamentos, diagramas de momentos em vigas, entre outros. Seguindo parâmetros de como selecionar uma forma estrutural eficiente, econômica e atraente, avaliar sua segurança, e arquitetar sua construção. Conseguir-se com o presente estudo entender como cada estrutura é solicitada e se deforma com um carregamento aplicado, e compreender qual o tipo de estrutura é a mais adequada para o projeto. E para que isso aconteça é necessário estabelecer forças de reações em pontos, forças internas e externas, cortes, ligações, entre outras condições de contorno. Além de ter a ciência da frequência de vibração natural da estrutura analisada.

Para se realizar uma análise estrutural via modelagem matemática o Método dos Elementos Finitos (MEF) é amplamente utilizado. Segundo Álvaro (2003) o método dos elementos finitos é um método numérico de resolução de equações diferenciais, no qual consiste em resolver questões complexas de

projetos dividindo o elemento de estudo em várias partes, e com isso, entender o comportamento do mesmo em diversas condições.

Um exemplo a ser citado é a fabricação e teste de uma nova estrutura de uma aeronave. Torna-se inviável a construção de modelos testes para compreender os funcionamentos e reações quando exposto esse modelo a condições extremas de uso. Para este fim, se utiliza uma modelagem matemática, via software, considerando o maior número possível de variáveis e simplificações pertinentes, de forma a se aproximar da realidade de utilização da estrutura estudada garantindo-se um ganho de tempo e redução de custos na concretização de projetos.

Para realizar a divisão do corpo estudado, é atrelada à geometria vários elementos que possuem vários nós, as junções de todos os elementos denominam-se malhas podendo estas ser uni, bi ou tridimensional.

Entrando, no contexto de aplicações o MEF, este aborda um âmbito geral de áreas, sendo utilizados também em estudos da medicina, como o estudo de ossos, cartilagens e implantes com finalidade de substituir partes

do corpo

humano. Na construção civil como no projeto de prédios, pontes e barragens.

O MEF é largamente utilizado no estudo de peças e componentes mecânicos e também no comportamento de automóveis, aeronaves entre outros mecanismos quando submetido a condições externas.

O método proposto auxilia o analista apresentando dados como tensão, reações, deslocamentos, ponto de maior tensão, ponto de possível falha entre outros. Por ser um método numérico o mesmo não apresenta dados 100% corretos por apresentar sempre um erro atrelado a suas equações.

A estrutura da aplicação do método por ser um resumo científico, será abordada de maneira preliminar sendo uma viga de aço estrutural em balanço que quando submetida à esforços retorna o resultado em forma de um gradiente de cores para se identificar a intensidade da variável a ser determinada. Ao decorrer do estudo será analisado uma estrutura de maior complexibilidade.

O “software” utilizado para fazer as análises é o ANSYS® 18, um “software” de análises estruturais capaz de um alto processamento de dados, e de retornar resultados de maneira clara e precisa, num curto espaço de tempo e que varia de acordo com a complexidade da geometria.

A capacidade do ANSYS® 18 está em resolver vários tipos de análises estruturais, determinando os parâmetros desconhecidos (graus de liberdade nodais) como os deslocamentos e rotações de uma estrutura quando solicitado via análise estática. Quanto as deformações, tensões e forças de reação, estas são obtidas via derivações dos deslocamentos nodais.

A caráter adicional será realizado ensaios de tração em corpos de prova feitos de materiais escolhidos para o estudo, a serem definidos, e posteriormente os comportamentos obtidos serão comparados com os da literatura disponível. Um ensaio de tração consiste em se alongar um corpo de prova, com geometria previamente definida, de forma lenta e gradativa através de solicitações de cargas a fim de se obter um diagrama que demonstre o comportamento do material, como: uma região de projeto (região elástica) e outra região chamada de plástica onde se obtém um valor máximo de tensão que um material suporta e o possível ponto de ruptura do corpo de prova.

O objetivo do estudo é conhecer a análise estrutural aplicando-se os conhecimentos do Curso de Engenharia Mecânica, na prática, utilizando de recursos computacionais de um “software” de alta capacidade de resolução problemática que possibilite um ganho de tempo e custo quando comparado a uma análise experimental.

Quanto ao

ensaio de tração, este será realizado a fim de se conhecer os procedimentos deste, o comportamento de matérias e correlaciona-los com as informações já disponíveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

Parte 1:

Material: Software de análise estrutural Ansys 18.

Método: Fazer uma análise em uma geometria de dimensões 76mmx10mmx10.88mm em diversas condições de aço estrutural maciça com um estreitamento de área em 56mm do comprimento da viga, observar seu comportamento quando aplicada uma força em sua extremidade. Considerando a força gravitacional da terra, a força aplicada será de 100.000N, o engaste irá deixar a viga em balanço, etc. Na presente análise é utilizada a estrutura estática.

Para iniciar a análise é necessário abrir o “software” ANSYS® 18 tendo como plataforma inicial denominada *Workbench*.

Feito isso, escolha o tipo de análise a ser feita, pode esta ser: elétrica, fluido dinâmica, hidrodinâmica e estrutural.

Dados da engenharia consiste na descrição do material e composição da geometria analisada, Sendo esta de aço estrutural. É de suma importância definir os materiais utilizados, pois, suas matrizes de rigidez são conhecidas na biblioteca do “software”.

Feito isso, o analisador projeta a geometria do elemento de estudo, podendo ela ser importada de outros “softwares” ou ser desenhada na ferramenta CAD do próprio ANSYS® 18 (*Space Claim* ou *Design Modeler*).

Nesta etapa da modelagem é onde se divide a geometria em inúmeros elementos de vários pontos, chamados de malhas, onde se podem determinar os deslocamentos, as tensões, os esforços, reações, entre outros. Nesta etapa é possível fazer todo o refino de malha em ponto aleatório da estrutura ou em toda ela. Mudando a geometria do seu elemento consegue assim atingir mais áreas com os nós.

Dentro da função Modelo existe a biblioteca “*static structural*” que possibilita inserir a geometria, o tipo de engaste, a força gravitacional, uma força solicitante em qualquer direção, bem como o momento se houver, a aceleração, as pressões e a temperatura da geometria entre muitas outras variáveis e condições.

Ainda dentro de

Modelo temos a parte de Soluções, que é todo o retorno que obtém do “software”, tensão máxima e mínima,

deformação, forças de reações e possível ponto de melhoria de malha.

Depois de feito todas as etapas devem clicar em Solve para realizar a análise da geometria e obtermos os resultados do “software”.

Parte 2:

Material: Máquina de Ensaio Universal e corpos de prova de materiais distintos

Método: O corpo de prova é colocado na máquina de ensaio universal e preso pelas extremidades, e este é solicitado por uma taxa constante por ela, onde a máquina faz as medições contínuas e simultâneas da carga e os alongamentos resultantes. A máquina então fornece um gráfico que mostra a relação entre a forças aplicada e a deformações ocorridas durante o ensaio. Com isto se obter o comportamento dos materiais utilizados, como a região elástica, região plástica, tensões máximas e de ruptura, entre outras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar todas as análises, observamos em um diagrama de cores os resultados.

Na figura 1 temos o deslocamento do elemento, a parte em vermelho corresponde ao máximo deslocamento por conter uma força aplicada a sua superfície. Na parte em azul temos o engaste fixo da barra.

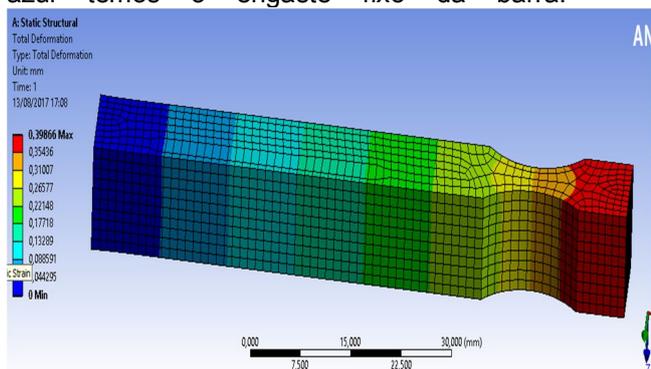


Figura 1: Diagrama de cores correspondente ao deslocamento da geometria.

Na figura 2 ao analisar a tensão obtemos os seguintes resultados, o estreitamento da área em vermelho observamos uma maior concentração de tensão devido à equação

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

(válida somente na região elástica da

estrutura).

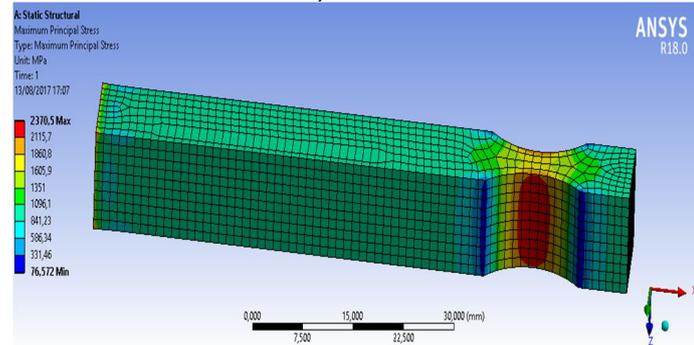


Figura 2: Diagrama de cores da maior concentração de tensão.

A Figura 3 apresenta estudos das forças de reações. Obtemos a força negativa de -100.000N no eixo x onde foi aplicada a força de 100.000N.

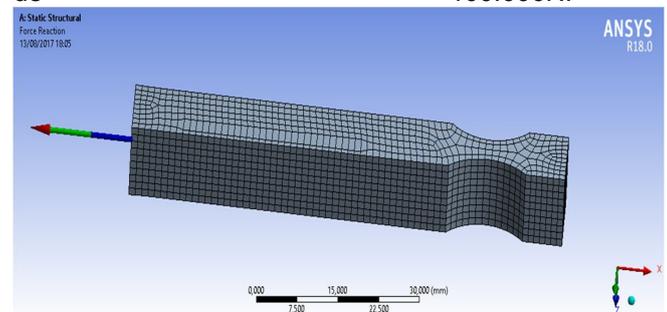


Figura 3: Forças de reações.

De acordo com princípio de Saint –Venant que segundo Hibbeler consiste em dizer que perto de extremidades engastadas e próximo ao ponto de aplicação da força a deformação e a tensão se comporta de maneira não linear dificultando assim seu entendimento. Cortes para estudo de tensões em um corpo de seção retangular seria mais bem linearizado na metade de sua extensão.

A figura 4 mostra o ponto de melhoria de malhas. Malhas grosseiras deixam os resultados mais imprecisos.

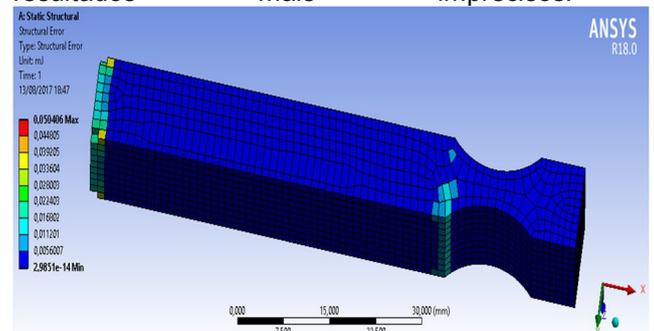


Figura 4: Pontos de refino de malha.

## CONCLUSÕES

Conclui-se com os resultados obtidos com o “software” que o mesmo apresenta uma grande capacidade de resolução de problemas. Aplicado nas mais variadas atividades de engenharia tem como resposta excelente resultado de uma análise estrutural em minutos. O Método dos elementos finitos auxilia o projetista no caminho para conseguir um produto de qualidade em menor tempo e custo. Para que isso ocorra é necessário entender o comportamento do elemento de estudo quando submetido a forças externas, e quão importante isto é para sucesso de um projeto garantindo a integridade estrutural.

Outro ponto a se explorar é o refinamento do modelo para se obter melhores resultados. Entretanto, quanto maior é o número de elementos e de nós, no refinamento de uma malha por exemplo, maior será o tempo de resoluções das equações que, em caso de projetos extensos, é um ponto importante a se considerar.

Com as simulações de alguns tipos de materiais comumente utilizados nos projetos de engenharia e também serão realizados refinamentos no modelo a fim de se identificar possíveis mudanças nos resultados obtidos e fazer suas comparações.

Para o ensaio de tração em um corpo de prova será possível entender os procedimentos de ensaio e posteriormente se comparar os resultados obtidos com os da literatura.

## REFERÊNCIAS

Kenneth L; Chia U; Gilbert A.  
**Fundamento da análise estrutural**<sup>3</sup>  
Ed.São Paulo: AMGH editora Ltda,2010

Azevedo F.M. de.**Metodos dos Elementos Finitos** 1 Ed. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

DALCIN, G. B. **Ensaio de Materiais**, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, 2007.

SUBRAMANI, T., SUGATHAN, A. **Finite Element Analysis of Thin Walled-Shell**