

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE UM COMPÓSITO REFORÇADO COM FIBRAS NATURAIS PARA O ESTUDO DA APLICAÇÃO EM PÁS EÓLICAS DE PEQUENO PORTE

Kevin de Paula Amorim – kevindipaula@hotmail.com

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável

Endereço: Av. da Abolição, 3, Centro

CEP: 62790-000 – Redenção– Ceará

Wanderson Alves da Silva – wan.alves98@gmail.com

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável

Endereço: Av. da Abolição, 3, Centro

CEP: 62790-000 – Redenção– Ceará

Deyvid Anderson Caetano de Sousa – deyvid.anderson123@gmail.com

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável

Endereço: Av. da Abolição, 3, Centro

CEP: 62790-000 – Redenção– Ceará

Simão Silva Freitas – simaofreitas85@gmail.com

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável

Endereço: Av. da Abolição, 3, Centro

CEP: 62790-000 – Redenção– Ceará

Carlos Alberto Cáceres – caceres@unilab.edu.br

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável

Endereço: Av. da Abolição, 3, Centro

CEP: 62790-000 – Redenção– Ceará

Resumo: O objetivo do trabalho em questão é avaliar as propriedades e as potencialidades aplicado ao desenvolvimento de compósitos reforçado com fibras obtidas a partir de fontes renováveis como coco (*Cocos nucifera*) e a carnaúba (*Copernicia prunifera*) e com auxílio de ferramentas tecnológicas e computacionais com intuito de aplicar uma metodologia que seja utilizada nos cursos de graduação em engenharia e possibilite para as práticas laboratoriais

uma abrangência acerca da potencialidade e aplicação de fibras naturais. O processamento de compósitos reforçados com fibras naturais passa na maioria das vezes por processos onde a temperatura alcança níveis muito acima a qual elas estão expostas no ambiente de origem. Por isso o monitoramento desses processos é crucial, para que o produto final esteja dentro de parâmetros aceitáveis. Para isso foi desenvolvido um aparelho, de baixo custo, para ser usado no monitoramento do processo de cura, em que sistema é intermediado por um microcontrolador Arduino do tipo mega para ferramenta de prototipagem. Entretanto, a fim de reforçar o estudo dos compósitos desenvolvidos, é feita a proposta de aplicação dos mesmos como material de fabricação de pás eólicas de pequeno porte. Através da fluidodinâmica computacional é possível realizar análises do comportamento de um modelo CAD 3D de uma turbina eólica de eixo vertical, visando a possibilidade de aplicação dos compósitos.

Palavras-chave: Fibras naturais. Ferramentas computacionais. Compósitos. Fluidodinâmica computacional. Pás eólicas de pequeno porte.

1 INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos possuem uma gama de aplicabilidades sendo a indústria automotiva e eólica os principais setores que fazem uso desse material. As fibras naturais lignocelulósicas tem sido amplamente estudadas como potenciais substitutas das fibras sintéticas em compósitos com matriz polimérica. Segundo TOMCZAK (2010), um dos fatores que mais influenciam e que tornam as fibras naturais potenciais para substituição das fibras sintéticas é a neutralidade em relação a emissão de dióxido de carbono, além do atrativo custo de processamento e baixo peso específico. As fibras naturais apresentam boas propriedades mecânicas quando comparadas a fibras de alto módulo já utilizadas em diversas áreas da engenharia, e sua relação resistência/peso assim como a relação custo/benefício à tornam um material com potencialidade de uso em diversos ramos da engenharia.

As ferramentas tecnológicas e computacionais auxiliam no estudo e pesquisa das propriedades mecânicas, térmicas e estruturais do material a ser desenvolvido. No trabalho de LIMA (2013) foi desenvolvido um dispositivo capaz de controlar a temperatura de um ambiente através de dispositivos microcontrolados. Como no processo de cura de compósitos de matriz polimérica ocorrem reações exotérmicas, o monitoramento em tempo real da temperatura é uma forma de mensurar uma variável, temperatura que interfere diretamente no processo de produção do compósito, uma vez que as fibras naturais possuem baixas temperaturas de degradação se comparadas com fibras de alto módulo. Parte fundamental do processo é a utilização de uma ferramenta computacional que forneça distribuição de temperatura durante o processo de cura.

No trabalho em questão as fibras naturais utilizadas foram a de coco (*Cocos nucifera*) obtidos no município de Redenção e a fibra da palha da carnaúba (*Copernicia prunifera*) obtidas no assentamento Nova Assunção no município de Aracoiaba-CE. A escolha destas duas fibras é devido primeiramente a sua ampla disponibilidade na região nordeste e a necessidade de se obter dados que justifiquem suas aplicabilidades.

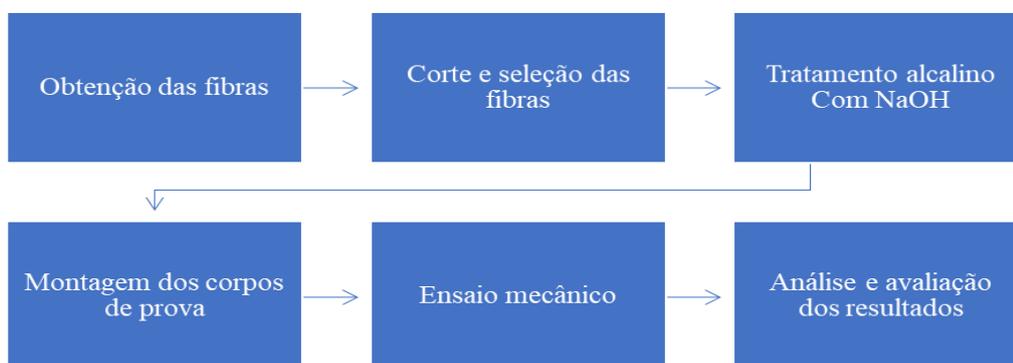
Com o avanço da ciência computacional, seus métodos vêm cada vez mais contribuindo no desenvolvimento dos mais diversos projetos de engenharia, possibilitando a utilização de ferramentas bastante precisas no estudo e na melhoria deles. Modelos matemáticos são conjuntos de equações e relações matemáticas que ao serem empregados permitem descrever o comportamento de um determinado sistema, que na maioria das vezes, descrevem fenômenos naturais ou problemas de engenharia. Segundo MOURA (2008), a solução desses modelos matemáticos não é tão simples, já que geralmente são expressados por meio de Equações Diferenciais Parciais, logo faz-se necessário o uso de métodos numéricos. O método numérico mais utilizado é o Método de Volume Finito. A partir do método citado é possível realizar a simulação numérica, que na proposta aqui apresentada, opta-se pela fluido dinâmica computacional devido tratar-se de um estudo do comportamento de turbina eólica de eixo vertical com pás eólicas feitas a partir de compósitos.

2 METODOLOGIA

2.1 Beneficiamento e caracterização das fibras naturais

O estudo da viabilidade de uso do compósito em projetos de engenharia foi realizado a partir da análise das propriedades mecânicas das fibras de coco verde e da fibra da palha de Carnaúba. Nesse trabalho foram analisadas as fibras in natura e que posteriormente receberam tratamento químico com solução alcalina em diferentes concentrações. Segundo NAZEER (2014), o tratamento com NaOH remove as impurezas e deixa a superfície da fibra mais áspera, dessa forma aumentando a capacidade de adesão com a matriz. Para a avaliação das propriedades mecânicas as fibras foram submetidas a ensaios de tração. Foram confeccionados corpos de prova seguindo instruções da norma ASTM C1557-14, alguns parâmetros foram modificados visando a adequação para fibras naturais. No ensaio mecânico utilizou-se uma máquina de ensaio universal Emic-23100 com célula de carga de 5KN com uma velocidade de ensaio de 3mm/min. A figura 1 ilustra a metodologia utilizada no processo de produção do compósito.

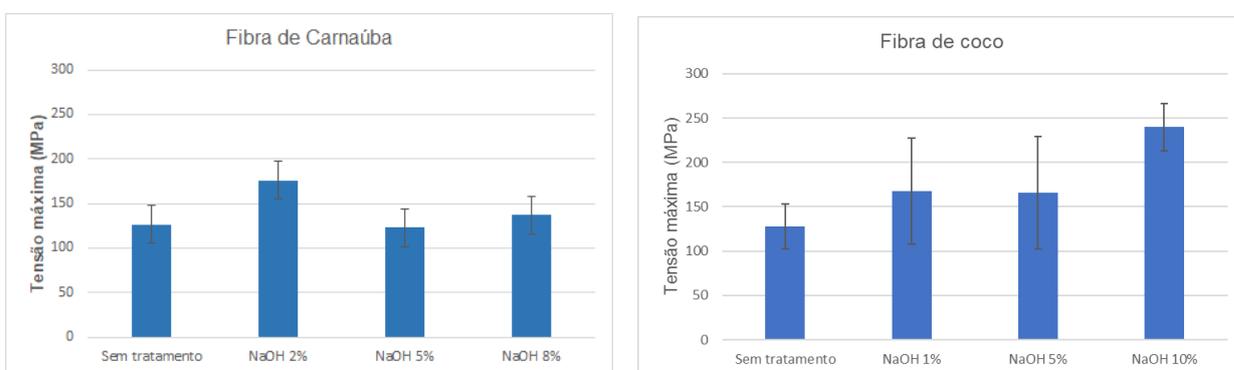
Figura 1: Procedimento experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores.

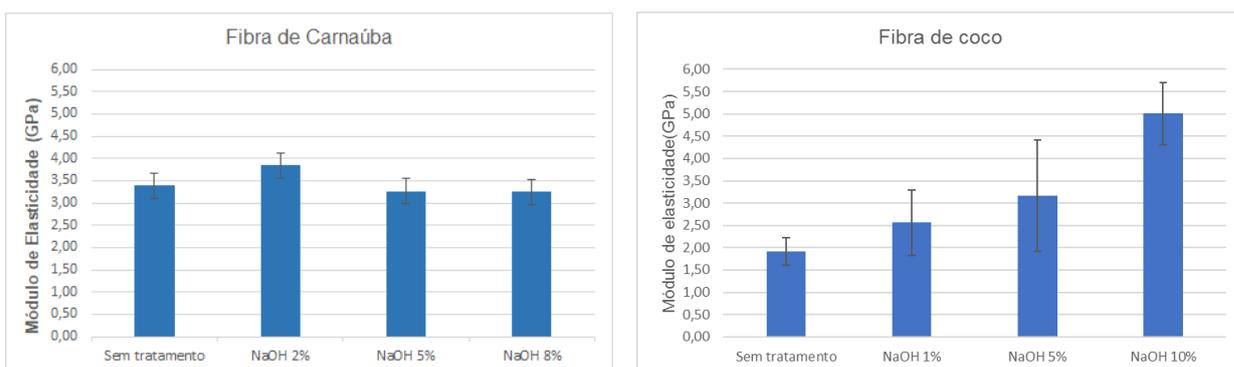
A análise das propriedades mecânicas das fibras foi realizada a partir dos dados fornecidos pela máquina de ensaio universal através de um software que monitora a força aplicada pela área da fibra e transfere os resultados em tensão por deformação. Com esses dados foram identificados a tensão máxima e o módulo de elasticidade para cada amostra desenvolvida. As figuras 2, 3, 4, e 5 fornecem os dados de tensão máxima por amostra tratada e módulo de elasticidade.

Figura 2: Tensão máxima fibra de carnaúba e fibra de coco.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3: Módulo de elasticidade fibra de carnaúba e coco.



Fonte: Elaborado pelos autores

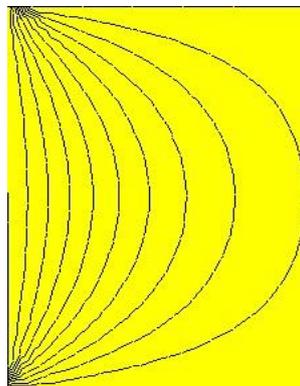
2.2 Equipamento para monitorar a temperatura.

No trabalho de SILVA(2013) utilizou-se termopares para o desenvolvimento de um dispositivo capaz de monitorar temperatura em tempo real. No desenvolvimento do

equipamento para monitorar temperatura serão utilizados termopares do tipo k com MAX-6675 tendo uma sensibilidade de temperatura de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e temperatura máxima de trabalho de $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. O MAX-6675 é um amplificador de sinal que possibilita que a temperatura máxima obtida possa ser $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para realizar a prototipagem foi utilizado um microcontrolador arduino uno, que realizou a captação dos dados de temperatura.

A análise por elementos finitos possibilitou encontrar a distribuição de temperatura em uma superfície quadrada ($40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$). Desta distribuição foi possível se obter isoterma, linhas que têm a mesma temperatura. A forma geométrica descrita pela placa que será usada na cura é quadrada.

Figura 4: Isothermas para um quadrado.



Fonte: Elaborado pelos autores.

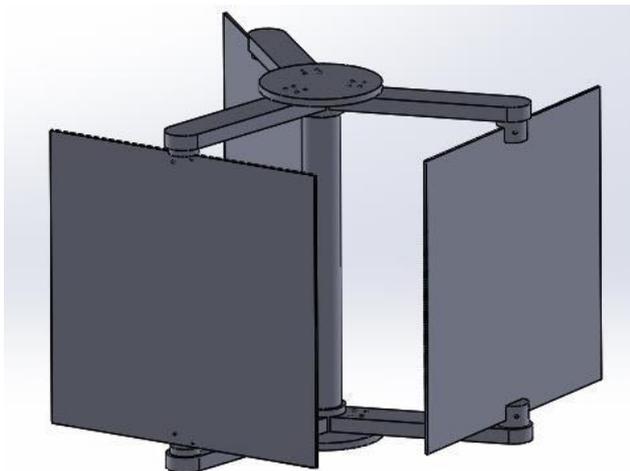
As linhas da figura 7 representam as isoterma em uma placa de formato quadrado. Para realizar estudos de distribuição de temperatura para condições de contorno específica foi utilizado o software *finite element for heat transfer* (FEHT). Na configuração do software é definido uma figura que representa a superfície que se queira estudar, inserindo todos os dados de contorno podemos encontrar a temperatura da placa em diversos pontos. Depois que as formas de isoterma foram encontradas o próximo passo foi estudar a melhor forma de fazer a disposição dos termopares na placa, de modo que dois termopares diferentes não façam medidas iguais de temperatura, fazendo com que as medidas obtidas pelos sensores sejam otimizadas. Os sensores de temperatura serão dispostos pela placa de tal forma que todas as isoterma presentes, estejam ocupadas por um termopar.

2.3 Modelo CAD 3D

Escolheu-se o modelo Orthopter de uma turbina eólica de eixo vertical, onde as pás da mesma serão placas quadradas, para dessa forma ser possível realizar a análise da turbina com pás feitas a partir dos compósitos em estudo. Para o desenvolvimento do modelo CAD foi utilizado o software SOLIDWORKS. Inicialmente, o modelo foi feito de forma simplista com o objetivo de reduzir os esforços computacionais na etapa de simulação numérica, o que não

deve comprometer significativamente os resultados finais (ELCHEIKH et al., 2018). Segue abaixo a figura 8 do modelo CAD e a tabela 1 com suas dimensões.

Figura 5: Modelo CAD da turbina



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1: Especificações das pás e da turbina

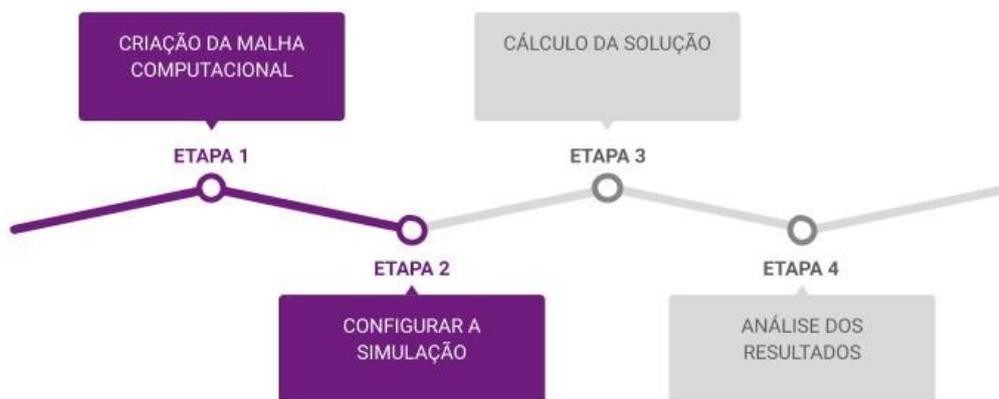
| | |
|---------------------|--------|
| Diâmetro da turbina | 510 mm |
| Altura da pá | 400 mm |
| Largura da pá | 400 mm |
| Espessura da pá | 4 mm |

Fonte: Elaborado pelos autores

2.4 Simulação numérica

A fluido dinâmica computacional é feita por meio do software ANSYS CFX e consiste em algumas etapas que devem ser realizadas cuidadosamente para dessa forma obter resultados realmente próximos aos de situações reais. Na figura 9 abaixo é descrito o procedimento.

Figura 6: Etapas da fluido dinâmica computacional



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na etapa de criação da malha computacional é determinado os tipos de elementos e a qualidade da malha. Na configuração da simulação é definido o fluido a ser estudado e suas devidas propriedades, os modelos físicos e as condições de contorno. O cálculo da solução consiste em uma avaliação minuciosa da convergência da solução. E na etapa de análise dos resultados são observados todos os gráficos e tabelas que possam ser gerados afim de comparar com dados experimentais e assim tirar as devidas conclusões.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desse estudo possibilitou a análise da viabilidade de uso de fibras naturais na construção de uma pá eólica de pequeno porte a partir de um tipo de material mais resistente, menos denso, biodegradável e de menor custo, utilizando como matéria prima fibras vegetais facilmente encontradas na região Nordeste. No trabalho em questão foi possível avaliar as propriedades mecânicas como resistência máxima à tração e módulo de elasticidade das fibras naturais de coco e de carnaúba.

Para análise foram utilizadas ferramentas tecnológicas e computacionais a fim de uma melhor projeção do material a ser obtido. Através de softwares, como o FEHT, utilizado em disciplinas de transferência de calor, o microcontrolador arduino, que remete conceitos de eletrônica, o SOLIDWORKS, ferramenta de desenvolvimento do modelo CAD 3D, e o ANSYS CFX, que permite a realização da simulação fluidodinâmica computacional, foi possível aplicar uma metodologia capaz de ser utilizada nos cursos de graduação em engenharia nas práticas laboratoriais com uma abrangência acerca da potencialidade e aplicação de fibras naturais.

Portanto a utilização destas ferramentas traz grandes benefícios ao ensino e aprendizagem em um curso de engenharia. Possibilitando que conceitos teóricos, abstratos, sejam assimilados por meio da experimentação.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) (Processo: BP3-0139-00032.01.00/18) e ao Grupo de Pesquisa em Materiais Poliméricos e Energias Alternativas (POLI-EN) da Universidade Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB).

REFERÊNCIAS

Abdul Nazeer. (2014). To Study the mechanical properties of coconut coir fiber \reinforced with epoxy resin AW 106 & HV 953 IN\n. *Ijmer*, 4(7), 38–47. Retrieved from http://www.ijmer.com/papers/Vol4_Issue7/Version-5/IJMER-47053847.pdf

ASTM C1557-14, Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus of Fibers, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org.

ELCHEIKH, A. et al. Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics Performance analysis of a small-scale Orthopter-type Vertical Axis Wind Turbine. **Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics**, v. 180, n. July, p. 19–33, 2018.

LIMA, Gustavo Fernandes. **Controle de temperatura de um sistema de baixo custo utilizando a placa Arduino**. IX Congresso de Iniciação Científica, IFRN.

MOURA, N. R. DE. Simulação Fluidodinâmica Computacional de desempenho de um impelidor de um compressor centrífugo. p. 251, 2008.

SILVA, Hoberdan Batista. **Montagem de um controlador de temperatura usando termopar**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

TOMCZAK, Fabio. **Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil**. 2010. 135 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

COMPUTATIONAL TOOLS IN THE DEVELOPMENT OF A COMPOSITE REINFORCED WITH NATURAL FIBERS FOR THE STUDY OF THE APPLICATION IN SMALL WIND TURBINES

Abstract: *The objective of this work is to evaluate the properties and potentialities applied to the development of composites reinforced with fibers obtained from renewable sources such as coconuts (*Cocos nucifera*) and carnauba (*Copernicia prunifera*) and with the aid of technological and computational tools to apply a methodology that is used in undergraduate courses in engineering and makes possible for the laboratory practices a comprehension about the potentiality and application of natural fibers. The processing of composites reinforced with natural fibers passes most often by processes where the temperature reaches levels far above which they are exposed in the environment of origin. Therefore the monitoring of these processes is crucial, so that the final product is within acceptable parameters. For this, a low cost device was developed to be used in the monitoring of the curing process, in which the system is intermediated by an Arduino microcontroller of the mega type for prototyping tool. However, in order to reinforce the study of the composites developed, it is proposed to apply them as a material for the manufacture of small wind turbines. Through the computational fluid dynamics, it is possible to carry out analyzes of the behavior of a 3D CAD model of a vertical axis wind turbine, aiming at the possibility of applying the composites.*

Key-words: *Natural fibers. Computational tools. Composites. Computational Fluid Dynamics. Small wind turbines.*