



Modelagem Dinâmica da Pá de uma Turbina Eólica: Elaboração do Procedimento de Redução de Modelo para as Aletas

Pedro Fernandes Resende Bonnas

Graduando em Engenharia Aeronáutica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG – Brasil
Não Bolsista: PIVIC-CNPq

Tobias Souza Morais (Orientador)

Prof. Dr.
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia – MG – Brasil

RESUMO

Esta pesquisa tem como propósito a criação de um procedimento que visa a modelagem computacional de uma pá simplificada de uma turbina eólica, a qual possui as mesmas características dinâmicas de uma pá real, via softwares de elementos finitos (ANSYS®). Com o modelo dinâmico simplificado de uma pá real, testes dinâmicos, estáticos e modais se tornam computacionalmente mais leves, podendo-se avaliar diversas condições, viabilizando o uso de metodologias e ferramentas de otimização, isso se deve a menor complexidade da pá em termos do modelo de elementos finitos. O método se inicia a partir de uma coleta de dados dimensionais da aleta para a elaboração de uma geometria base, na qual as variáveis dimensionais da mesma serão otimizadas para que o modelo simplificado consiga representar os modos de vibrar e as frequências naturais da pá real, criando assim, o modelo dinâmico simplificado.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem computacional, Pá Eólica simplificada, Testes dinâmicos, Modos de vibrar, Frequências Naturais

Dynamic Modeling of an Eolic Turbine Blade: Elaboration of the Model Reduction Method for Fins

ABSTRACT

This research paper has as its purpose the elaboration of a simplified Eolic blade computational modeling procedure, in which the simplified blade has the same dynamic characteristics of a real blade, using an finite elements software (ANSYS®). With the simplified dynamic model of a real blade, dynamic, static and modal tests become computationally lighter, being able to evaluate several conditions, enabling the use of methodologies and optimization tools, due to the lower complexity of the blade model in terms of finite elements. The method starts from a dimensional data collection of the blade for the elaboration of a base geometry, where after a few steps, the dimensional variables will be optimized, so that the simplified model can represent the vibration mode shapes and the natural frequencies of the real blade, thus creating the dynamic simplified model.

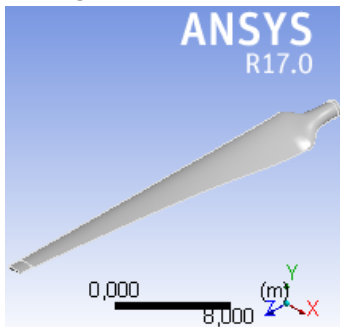
KEYWORD: Computational modeling, Simplified Eolic blade, Dynamic tests, Models of vibrating, Natural frequencies

1. Introdução

As fontes alternativas de energia, em especial a Energia Eólica, vem ganhando bastante força frente as outras formas de geração de energia, quando comparado a fontes de energia não renováveis, devido aos menores impactos ambientais causados e à grande capacidade de geração de energia [1]. Mesmo existindo indústrias de produção de turbinas eólicas no Brasil, estes modelos são desenvolvidos em outros países, fazendo com que o desenvolvimento de novas tecnologias de pás eólicas consista em uma deficiência em nosso país. O desenvolvimento neste campo fará com que os sistemas consigam aproveitar melhor a energia dos ventos com mais eficiência, conseguindo-se visar o melhor custo-benefício operacional.

O objetivo dessa pesquisa é elaborar um procedimento que, se seguido, desenvolva o modelo computacional simplificado da pá real, o qual possua as mesmas características dinâmicas para os modos de interesse, mantendo algumas dimensões reais. Assim, simulações ficam mais viáveis e permite-se a realização de mais testes com um menor tempo de processamento. Para que o modelo simplificado possua as mesmas características dinâmicas da pá real, serão focados dois parâmetros, relacionados, onde os dois modelos (real e simplificado) deverão ser similares para que a estrutura tenha o mesmo carregamento dinâmico. O primeiro parâmetro são os modos de vibração (primeiro modo de flexão no plano xOy e o primeiro modo de flexão no plano xOz). O segundo parâmetro corresponde às respectivas frequências naturais de cada modo.

Figura 1- Modelo Real

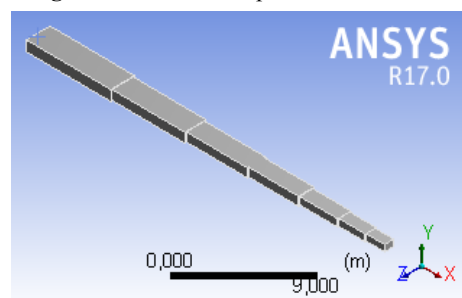


Fonte: Desenvolvido pelo autor

O método inicia-se a partir da obtenção das duas frequências naturais do modelo real, e na certificação de que os dois primeiros modos de vibração são os primeiros modos de flexão nas respectivas direções. Após a obtenção desses dados, começa a elaboração da geometria base do modelo simplificado, o qual é constituído por várias vigas, onde o comprimento é considerado como o mesmo da pá real. Assim, com a otimização das variáveis dimensionais das vigas, esta proporcionará que o modelo dinâmico simplificado tenha o mesmo comportamento do modelo dinâmico real para a banda de frequência considerada no ajuste.

A maior diferença entre os modelos é a quantidade de graus de liberdade necessários para os representar. Num elemento sólido (modelo computacional real) a quantidade de elementos é considerável. Sabendo que cada nó no sólido possui 3 graus de liberdade, na pá real testada nesta pesquisa temos 542 nós gerados pela malha, então temos 1626 graus de liberdade. Agora, a pá simplificada não se dá por um elemento sólido, mas por várias vigas. Uma viga possui somente dois nós, com cada nó possuindo 6 graus de liberdade. Como o modelo da pesquisa é composto por 7 vigas que compartilham nós, no total serão 8 nós. Assim, teremos 48 graus de liberdade. Como a quantidade de graus diminuiu significativamente, diminuí-também o tempo do processamento [2]. Logo, conclui-se que testes darão resultados mais rápidos com este modelo, sendo possível a realização de mais simulações em menos tempo.

Figura 2 - Modelo Simplificado Otimizado



Fonte: Desenvolvido pelo autor

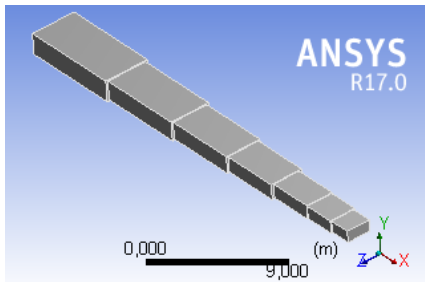
2. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida em 5 etapas, sendo que essas fazem parte do próprio procedimento a ser seguido para a criação do modelo simplificado da pá. Cada etapa contém os seguintes passos, resumidamente:

1ª Etapa: Primeiramente foi feita uma análise com a pá a ser simplificada (real). Suas dimensões foram analisadas, seguido de um teste modal com ela fixada na base. Os primeiros modos de vibração foram os esperados: primeiro modo de flexão ao longo do plano xOy e o primeiro modo de flexão sobre o plano xOz. Após isso, foram obtidas as frequências naturais dos respectivos modos de vibração.

2ª Etapa: Com os dados da pá real em mãos, seguiu-se para a elaboração de uma geometria base. Esta possui o mesmo comprimento, largura máxima e mínima da pá real. Além disso, a nova geometria é composta por várias vigas. Relações matemáticas simples foram definidas para relacionar as dimensões dessas vigas (comprimento, largura e altura) **para que resultados nos próximos passos já sejam obtidos⁽¹⁾**.

Figura 4 – Geometria Base



(1) Ao seguir as relações matemáticas que relacionam as dimensões de cada viga com as vigas vizinhas, no final, ao testar os modos de vibração com a pá fixada, os dois primeiros modos são os de flexão, porém com frequências naturais diferentes.

3ª Etapa: Após feita a geometria, foi definido as variáveis e objetivos da otimização, além das relações entre elas. O software ANSYS® possui uma ferramenta de otimização que possibilita que o programa mude variáveis escolhidas para os objetivos

serem conquistados. Nesse caso, as variáveis de otimização são todas as larguras (7 larguras totais) e todas as alturas (7 alturas totais) que serão alteradas para que se obtenha a aproximação das frequências naturais.

4ª Etapa: Ao fim da otimização, foi obtido as possíveis novas dimensões. Realizado o teste modal com as novas dimensões, as frequências naturais obtidas atingiram as esperadas. Assim, a pá simplificada definitiva (Figura 2) agora possui as mesmas características dinâmicas da pá real.

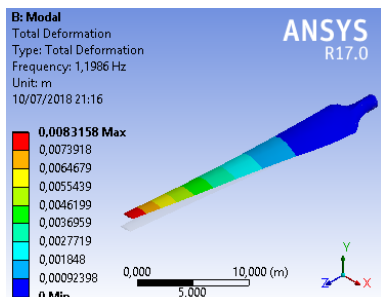
5ª Etapa: A última etapa constitui como uma etapa de verificação e realização de testes, onde compara-se resultados obtidos nas duas pás, validando o modelo simplificado.

3. Resultados

Com os parâmetros obtidos pela otimização abaixo apresenta-se os resultados comparando para as duas as pás (real e simplificada), assim temos:

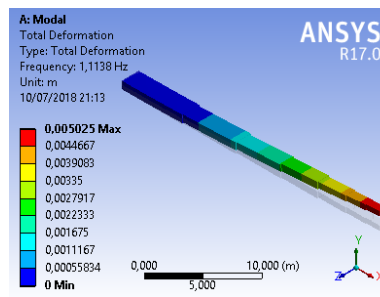
3.1) Primeiro modo de flexão na primeira direção (plano xOy):

Figura 5 – Primeiro modo da pá real na primeira direção



Fonte: Desenvolvido pelo autor

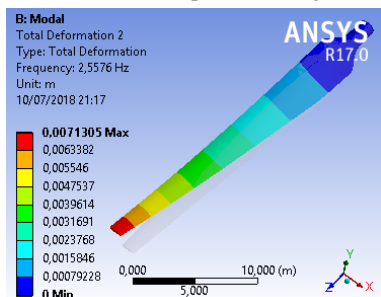
Figura 6 – Primeiro modo da pá simpl. na primeira direção



Fonte: Desenvolvido pelo autor

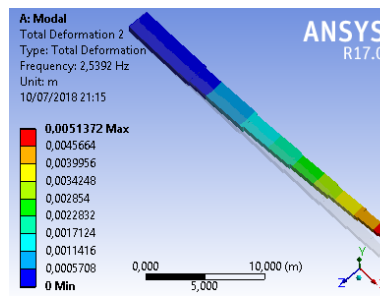
3.1.2) Primeiro modo de flexão na segunda direção (plano xOz):

Figura 7 – Primeiro modo da pá real na segunda direção



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 8 – Primeiro modo da pá simpl. na segunda direção



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Verifica-se que as formas modais para ambos os modelos são semelhantes visualmente. Abaixo encontra-se a comparação entres as frequências naturais para os modos obtidos.

3.2) Frequências naturais dos respectivos modos:

Tabela 1: Comparação das frequências naturais

	Pá real	Pá Simplificada	Erro cometido
Primeira frequência do primeiro modo de flexão na primeira direção	1,1986 Hz	1,1992 Hz	0,05%
Primeira frequência do primeiro modo de flexão na segunda direção	2,5576 Hz	2,5704 Hz	0,5%

O erro cometido é muito pequeno, não influenciando em resultados dinâmicos na prática.

4. Considerações Finais

Tendo em vista a construção do modelo computacional simplificado de uma pá eólica, o procedimento apresentado neste projeto permite simular dinamicamente uma pá eólica, por meio de um modelo reduzido. Assim, é possível realizar uma maior quantidade de testes com maior rapidez de processamento, obtendo resultados representativos na faixa de frequência considerada. Sendo este trabalho de fundamental importância para avaliar o comportamento dinâmico/aeroelástico durante o projeto do componente.

5. Referências

[1] T. BURTON; D. SHAPE; N. JENKINS; E. BOSSANYI **WIND ENERGY HANDBOOK**
 [2] VOLZER, T.; HEBERHARD, P. **Model Reduction of Large Scale Finite Element Models**. University of Stuttgart, 2014.