

## **Métodos de Controle para Turbinas Eólicas Marítimas**

**Diôgo Lopes e Valdir G. Cardoso Neto**

Escola Politécnica/Universidade de São Paulo

diogocrolopes@usp.br e valdircardoso@usp.br

### **Objetivos**

O objetivo geral do projeto é compreender o funcionamento da dinâmica de turbinas eólicas (em especial das marítimas), formular adequadamente suas equações de movimento e, principalmente, projetar um controlador do passo das pás dessas turbinas que atue de maneira lenta e contínua. Faz parte do escopo, ainda, analisar seu impacto na dinâmica do conjunto da unidade flutuante.

### **Métodos e Procedimentos**

Inicialmente foi feita uma análise da dinâmica do sistema estudado - plataforma OC4 - com base no estudo "Derivação das Equações do Movimento de Turbinas Eólicas Flutuantes pelo Formalismo Lagrangeano" [1], o qual utilizou o Formalismo Lagrangeano para tratar da problema da turbina eólica flutuante. Parte dos resultados desse estudo foram tomados como base para o desenvolvimento da modelagem do sistema. A energia cinética resultante dessa modelagem foi o elemento base para a aplicação das Leis de Kirchhoff, buscando chegar às equações do movimento da plataforma. Obtidos os resultados, as equações do movimento foram implementadas em código (C++) de forma a realizar simulações da dinâmica da unidade flutuante, buscando validar as equações obtidas analiticamente. Em seguida, foi iniciado o estudo sobre os métodos de controle aplicáveis às pás de turbinas eólicas de forma a, posteriormente, analisar a resposta do sistema para cada tipo de controle. Atualmente as leis de controle estão em fase de implementação no código.

### **Resultados**

A aplicação das Leis de Kirchhoff à energia do sistema resultou em 6 equações do movimento referentes aos 6 graus de liberdade do sistema. Essas equações foram comparadas com a formulação geral de [2], mostrando-se condizentes. Ao aplicá-las em simulações numéricas utilizando o C++ (biblioteca Armadillo) [3], as respostas do sistema turbina-plataforma também mostraram-se satisfatórias. Quanto à aplicação dos métodos de controle nas simulações, até o momento foi implementado o controle tipo PI (Proporcional Integrativo), que tem se mostrado adequado considerando a atuação desejada (lenta e contínua). Sua interferência na dinâmica do conjunto ainda está sendo avaliada.

### **Conclusões**

Ao longo do projeto foi possível concluir que a aplicação analítica das Leis de Kirchhoff mostrou-se adequada ao tomar um referencial não inercial e coordenadas móveis como base. As simulações dinâmicas também permitem afirmar que as equações do movimento obtidas compõem um modelo satisfatório para o sistema eólico.

### **Referências Bibliográficas**

- [1]Do Carmo, L. H. S. *Derivação das Equações do Movimento de Turbinas Eólicas Flutuantes Pelo Formalismo Lagrangeano*.2017.
- [2]Fossen, T. I. *Marine control systems: guidance, navigation and control of ships, rigs and underwater vehicles*. English (Trondheim, Norway: Marine Cybernetics, 2002).