

# INFLUÊNCIAS DE FRENTES FRIAS PARA O APROVEITAMENTO EÓLICO EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS

Thiago L. Cordeiro<sup>1</sup>, Arcilan T. Assireu<sup>1</sup>, Ana Vilela<sup>1</sup>, Marcelo Curtarelli<sup>2</sup> e Enner Alcântara<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>IRN/UNIFEI – Itajubá – Minas Gerais. ([cordeiro@dsr.inpe.br](mailto:cordeiro@dsr.inpe.br); [anavilela2@gmail.com](mailto:anavilela2@gmail.com))

<sup>2</sup>DSR/INPE – São José dos Campos – São Paulo. ([curtarelli@dsr.inpe.br](mailto:curtarelli@dsr.inpe.br))

<sup>3</sup>Depto. de Cartografia/UNESP – Presidente Prudente – SP. ([enner@fct.unesp.br](mailto:enner@fct.unesp.br))

**RESUMO:** Este estudo, realizado no reservatório de Itumbiara, mostra que, com a aproximação de frentes frias, há intensa queda da temperatura, intensificação do vento e a inversão total da direção do vento, que de leste passa a ser de oeste. Foi observado também importante influência quanto à variabilidade diurna do vento que, durante eventos de frente fria, são mais intensos durante a manhã e início da noite enquanto em condições normais são mais intensos durante a noite. Implicações destes resultados para o aproveitamento eólico em reservatórios hidrelétricos são apresentados.

**ABSTRACT:** In Itumbiara reservoir, with the approaching of a cold front, it is seen a drop of air, wind speed increases, and the inversion of wind direction, rotating from east to west. In assessing diurnal wind speed variation, it was found that mean speed values is higher in the morning and the evening during cold fronts period, and at midday during regular periods. Some implications of these results for wind energy are presented.

## 1. INTRODUÇÃO

As frentes frias atuantes sobre o Brasil normalmente começam a ser formadas na parte sul do continente americano (KOUSKY, 1984). Dependendo de sua intensidade, alguns destes sistemas podem progredir em direção a baixas latitudes e influenciar grande parte do país. A passagem de frentes é normalmente associada à diminuição da temperatura do ar e pressão acompanhados de intensificação do vento. Como a densidade de energia, um parâmetro utilizado para avaliar o potencial de energia eólica, depende da densidade do ar (que depende da temperatura) e da intensidade do vento (MANWELL, 2002), é esperado que as frentes frias influenciem o potencial eólico de uma região. Durante o inverno esta frentes atingem o sudeste brasileiro aproximadamente a cada seis dias e no verão a cada quatorze dias em média (STECH e LORENZZETTI, 1992). A maior parte atinge os estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás (CLIMANÁLISE, 1993).

Alguns estudos sobre a influência das frentes frias para a estrutura termal de reservatórios tropicais são encontrados na literatura: Tundisi et al. (2004); Alcântara et al. (2010). Porém, trabalhos sobre a influência das frentes frias para o aproveitamento eólico em reservatórios hidrelétricos são inexistentes e o presente trabalho busca preencher esta lacuna.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Itumbiara ( $18^{\circ}25'S$  e  $49^{\circ}06'O$ ) está localizado na bacia hidrográfica do rio Paraná, bioma Cerrado, na divisa entre os estados de Minas Gerais e Goiás, região central do Brasil (Fig. 1).

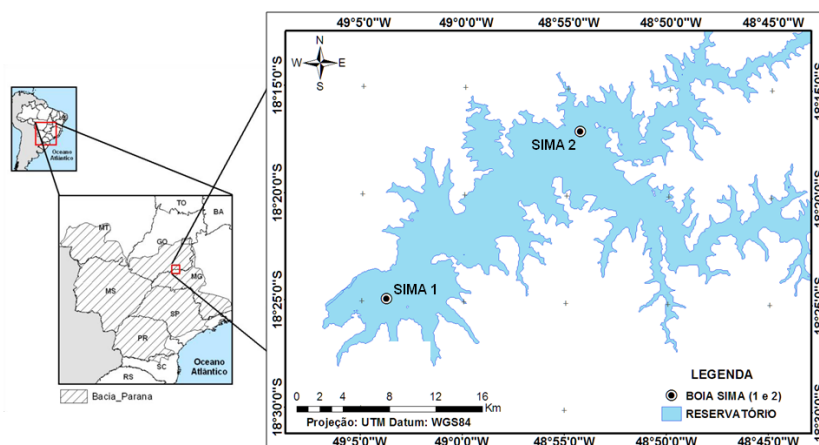


Figura 1- Localização do reservatório da UHE Itumbiara. São indicadas as posições onde foram realizadas as medidas de vento (SIMA1 e SIMA2). FONTE: Adaptado de Curtarelli (2012).

### 2.2. Dados de Satélite

A análise da passagem de frentes frias sobre a região do reservatório da UHE Itumbiara foi realizada por Curtarelli (2012) que utilizou informações diárias sobre o deslocamento de sistemas frontais e frontogêneses no Brasil (vertente interior), entre o período que vai de Janeiro de 1996 a Dezembro de 2010, disponibilizados pelo boletim Climanálise do CPTEC por meio do portal <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim>.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O parâmetro  $k$ , estimado pela Distribuição Weibull, possibilita observar a variação nos valores de velocidade em relação à velocidade média (parâmetro “ $c$ ”), quanto maior o valor de  $k$  menor a variação da velocidade em relação à média. No caso, os valores de  $k$  são maiores quando o campo de vento está sob influência das frentes frias (Figuras 2 b, d) o que evidencia uma menor variabilidade na intensidade do vento. Isto indica que, apesar da complexidade morfológica no entorno do reservatório, a abrangência sinótica da frente fria prevalece, o que impõe um regime homogêneo para o escoamento do vento.

A análise da variabilidade diurna do vento indicou que para os dias sob condições normais (ausência de frentes frias) (Fig. 3a) há um período de intensificação da velocidade do vento, que ocorre entre 8 e 15hrs. Nos dias com a presença de frentes frias (Fig. 3b) a dinâmica do vento muda, agora com dois períodos de intensificação do vento, um ao amanhecer e outro no início da noite. Assim, as frentes frias interferem significativamente na variação diurna do vento com implicações importantes para o aproveitamento eólico. Os picos observados nos dias com frente

fria indicam os períodos do dia de maior atuação destas no local, ou seja, momento em que a frente fria se intensifica em relação às condições normais do ambiente. As conclusões acima acerca da variabilidade diurna do vento, baseadas para os dados da bóia SIMA1 (Fig.1), foram observadas também para os dados da bóia SIMA2.

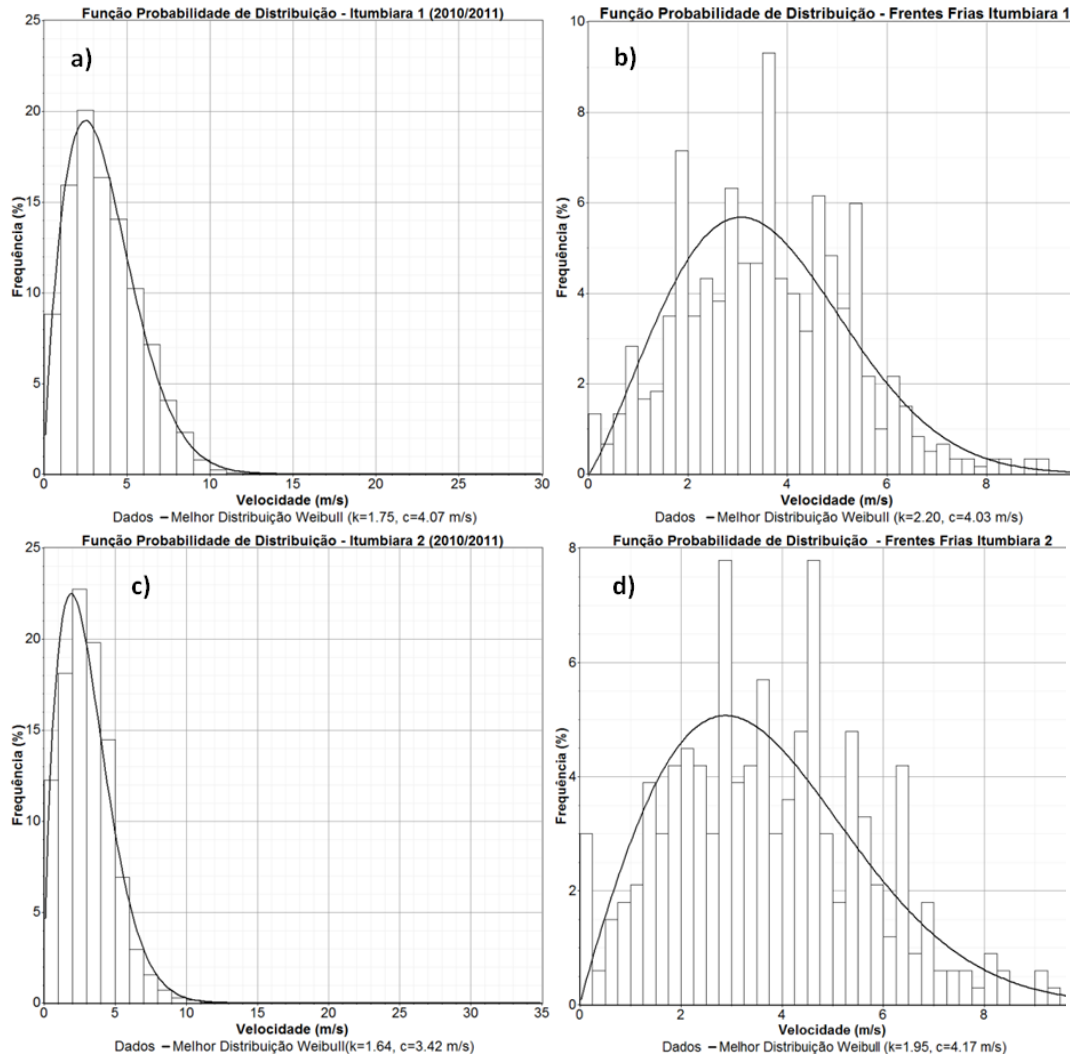


Figura 1 - Gráficos de distribuição da frequência do vento para a UHE Itumbiara. a) SIMA 1 - sem frente fria, b) SIMA 1 - com frente fria, c) SIMA 2 - sem frente fria e d) SIMA 2 - com frente fria.

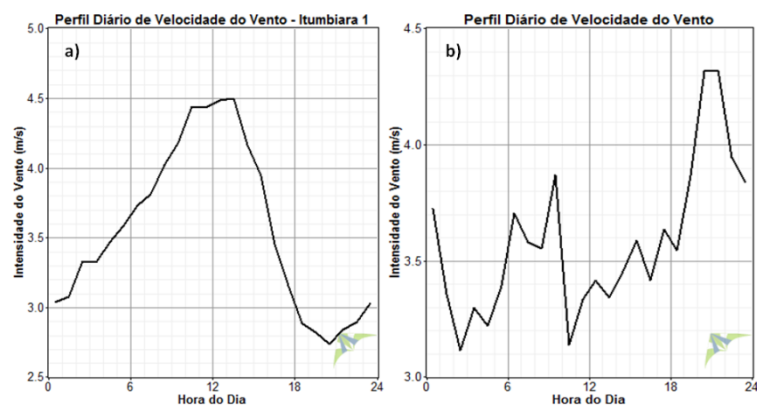


Figura 2 - Gráficos do Perfil Diário da Velocidade do Vento para a UHE Itumbiara. a) SIMA 1 - sem frente fria, b) SIMA 1 - com frente fria.

Análises da direção do vento em condições normais (Fig. 4 a, c) e em condições de frentes frias (Fig. 4 b, d) mostram uma reversão na direção do vento que, de leste em condições normais, gira para oeste nos períodos de frente fria. Para ambos os setores do reservatório a direção do vento se apresenta de forma oposta da ocorrida em condições normais, modificando não só a direção, mas também a frequência de ocorrência das classes de velocidade, alterando por completa a dinâmica do vento no local.

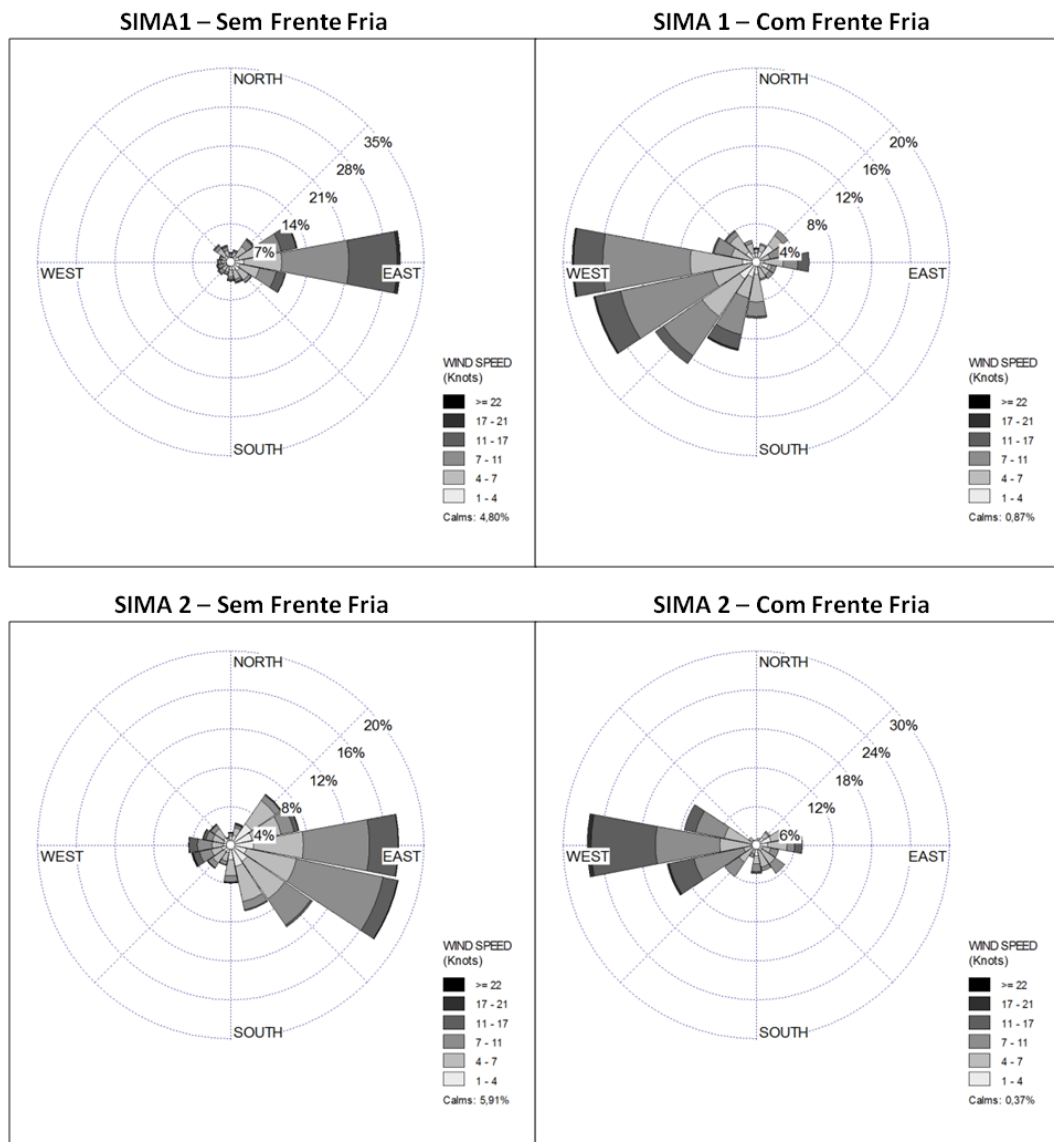


Figura 4 – Rosa dos ventos do reservatório da UHE Itumbiara, boias SIMA 1 e 2.

#### 4. CONCLUSÃO

Os períodos de frente fria atuantes sobre o reservatório de Itumbiara foram utilizados para estudos da influência das frentes frias para o regime do vento neste reservatório. Análises da direção do vento em condições normais (ausência de frentes) e em condições de frentes frias mostraram uma reversão na direção do vento que, de leste em condições normais, gira para oeste nos períodos de frente fria. Os resultados indicaram que, em média, durante 32 dias por

ano, ou seja, por 9% do tempo, as frentes têm potencial para influenciar o regime de ventos. Embora em termos percentuais possa parecer pouco, isto tem impactos importantes para o aproveitamento eólico em reservatórios hidrelétricos. Por exemplo, a reversão do vento durante os períodos de frente, exige um giro de 180° do aerogerador. Esta informação é fundamental para a escolha adequada dos aerogeradores bem como do desenho mais adequado do parque eólico (posição dos aerogeradores).

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a FAPEMIG (APQ 00288/11), a terceira autora agradece ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALCÂNTARA, E. H.; AL., E. On the water thermal response to the passage of cold fronts: initial results for Itumbiara reservoir (Brasil). **Hydrology and Earth System Sciences**, 7, 2010. 9437-9465.

CLIMANÁLISE. **Boletim de monitoramento e análise climática**. INPE. São José dos Campos, p. 1-12. 1993.

CURTARELLI, M. P. **Estudo da influência de frentes frias sobre a circulação e os processos de estratificação e mistura no reservatório de Itumbiara (GO): um enfoque por modelagem hidrodinâmica e sensoriamento remoto**. INPE. São José dos Campos, p. 108. 2012. (INPE-0000-TDI/00).

KOUSKY, V. E.; KAGANO, M. T.; CAVALCANTI, F. A. Oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **A review of the Southern Oscillation**, Tellus, 36A, 1984. 490-504.

MANWELL, J. F.; MCGOWAN, J. G.; ROGERS, A. L. **Wind energy explained**. West Sussex: John Willey and Sons, 2002. 590 p.

STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A. . The response of the south Brasil bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal of Geophysical Research**, C6, n. 97, 1992. 9507-9520.

TUNDISI, J. G.; AL., E. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) Reservoir to the passage of cold fronts as reflected by physical, chemical and biological variables. **Brazilian Journal of Biology**, 64, 2004. 177-186.