

# IDENTIFICAÇÃO DE BRISAS NA COSTA DO NORDESTE BRASILEIRO EM SIMULAÇÕES DO MODELO RAMS

Clênia Rodrigues Alcântara <sup>1</sup> e Enio Pereira de Souza <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Meteorologia / UFCG, Rua José do Precipício, 428, Bodocongó, 58109-543, Campina Grande – PB, e-mail: clenia\_alcantara@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Professor Orientador. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. CCT / Departamento de Ciências Atmosféricas. AV. Aprígio Veloso, 882, 58109-970, Campina Grande – PB.

**Palavras-chave:** Modelagem, Brisa, RAMS.

**Área do Conhecimento:** I Ciências Exatas e da Terra

**Resumo-** Os modelos numéricos, como o *Regional Atmospheric System* – RAMS, vêm sendo cada vez mais utilizados no estudo de circulação do tipo brisa, pois dados observacionais que possam dar maiores detalhes delas são escassos e pouco representativos. As brisas atraem atenção por suas várias funções em vários domínios da Meteorologia, pois seus efeitos são significantes no clima e no tempo das regiões pelas quais circulam. Uma forma de identificá-las é através da observação da perturbação da velocidade zonal do vento, pois as brisas são perturbações sobrepostas ao movimento em grande escala. Embora a intensidade das brisas esteja ligada ao gradiente de temperatura, que por sua vez está ligado ao fluxo de calor sensível, existem outros fatores que contribuem para tornar estas circulações mais ou menos intensas, além de mascará-las, como por exemplo a circulação de grande escala. Uma maneira de se conhecer o quanto as circulações do tipo brisa estão bem representadas no modelo é através de simulações reais e hipotéticas.

## Introdução

Hoje, os modelos numéricos estão sendo cada vez mais utilizados no estudo da atmosfera a fim de representá-la, e assim, prever o tempo e o clima nas várias regiões do planeta. Para que a representação das características atmosféricas de uma região seja a melhor possível, faz-se necessário conhecer fisicamente os processos que ali ocorrem para incorporá-los no modelo. Um dos modelos que têm sido bastante difundidos entre os centros operacionais e de pesquisa no Brasil é o *Regional Atmospheric System* – RAMS [1].

As brisas marítima e terrestre são fenômenos de circulação local que ocorrem em resposta ao gradiente horizontal de pressão provocado pelo contraste diário de temperatura entre as superfícies continental e oceânica. Durante o dia, a radiação solar recebida no continente aquece mais intensamente que o oceano. Devido à lentidão do processo de condução dentro da superfície, uma fração considerável de calor fica disponível para aquecer o ar próximo a esta [2], o que produziria a brisa marítima. À noite, o continente resfria-se mais que o oceano invertendo o sentido da circulação e produzindo, assim, a brisa terrestre.

As brisas são comumente observadas em regiões litorâneas, porém vários estudos [3] [4] mostram várias situações em que o fluxo de calor sensível, quando alterado, pode produzir gradientes horizontais térmicos visíveis na baixa

atmosfera. Em resposta, a atmosfera gera circulações que em algumas situações podem ter intensidade comparável às brisas marítimas em situação ideal. Estas são chamadas circulações não-convencionais.

Wexler [5] mostrou valores de 1 a 2 km de profundidade para as brisas tropicais, que são, em geral, mais profundas que as de latitudes médias. Quanto a sua extensão, em médias latitudes, as brisas marítimas tendem a penetrar 20-50 km em direção ao interior. Nos trópicos, essa distância pode chegar a mais de 300 km.

Vários estudos [6] [7] [8] mostram os efeitos do escoamento de grande escala na circulação brisa marítima. Arritt [7] mostrou que um escoamento sinótico do oceano para o continente de poucos metros por segundo foi suficiente para anular a circulação induzida termicamente. Considerando um fluxo sinótico forte no sentido oposto ( $u_g = -11$  m/s), a circulação foi apenas perceptível. As mais fortes velocidades verticais foram obtidas com o fluxo fraco na direção oposta a circulação, de forma que a brisa marítima penetrou em direção ao interior e a zona de convergência ocorreu num ambiente de estabilidade estática negativa ou próxima à neutralidade.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é mostrar o comportamento de algumas variáveis meteorológicas ao longo de simulações realizadas no modelo RAMS e, assim, observar o comportamento dessas circulações.

## Materiais e Métodos

Foi escolhida, dentre várias, uma simulação com o RAMS para os dias 9 e 10 de novembro de 2003, para observação das brisas marítima e terrestre. Essas simulações foram realizadas com duas grades aninhadas em que a maior teve resolução de 32 km e a menor de 8 km. A área da grade menor foi compreendida entre 9° - 5° S e 40° - 30° W.

Como a brisa é uma perturbação sobreposta ao escoamento principal será usada a metodologia de Souza [4], em que uma certa variável  $\chi(t)$ , que pode ser uma componente do vento ou a temperatura, por exemplo, será escrita como a soma de uma média mais uma perturbação. Assim  $\chi(t) = \bar{\chi} + \chi'(t)$ . Portanto, o efeito da perturbação pode ser obtido de  $\chi'(t) = \chi(t) - \bar{\chi}$ .

## Resultados

A Figura 1 mostra a evolução temporal da perturbação da componente zonal do vento (m/s) em baixos níveis (1000 hPa) para as 48h que tiveram início a 0 UTC do dia 9/11. Através dela foi possível identificar as circulações mais intensas dentro de cada período, juntamente com seus horários de ocorrência. Neste trabalho, os horários são UTC. A hora local é UTC - 3.

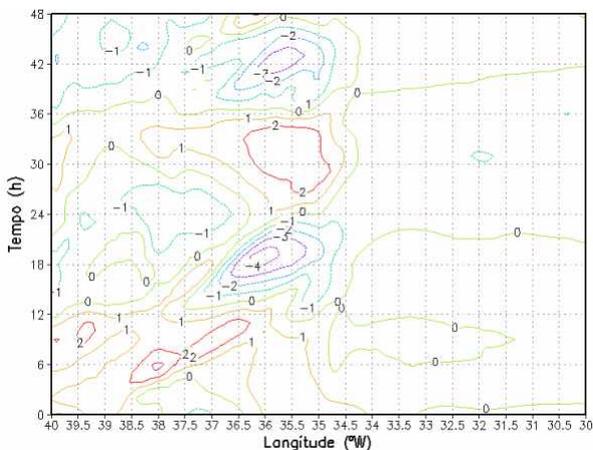


Figura 1 – Perturbação do vento à superfície no decorrer das 48h de simulação, a partir da 0 UTC do dia 9/11, ao longo de algumas longitudes.

As Figuras 2 e 3 mostram a média meridional das brisas ao longo da costa paraibana para as circulações ocorridas às 19 UTC do dia 9/11 e para as 8 UTC do dia 10/11. O que é visto nessas figuras é o vetor médio ( $u, w$ ) com  $w$  em cm/s, uma vez que a componente vertical do vento é bastante inferior, em magnitude, a componente zonal.

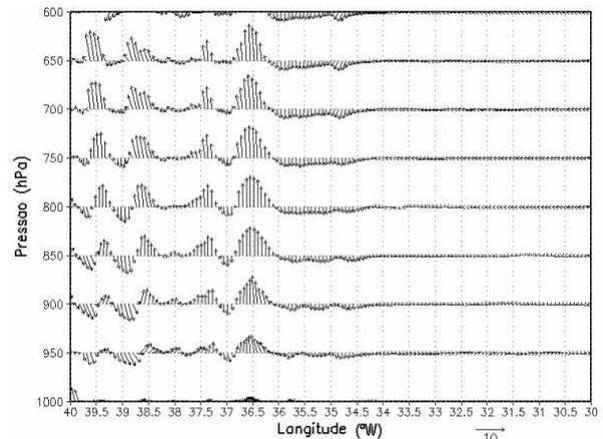


Figura 2 – Vetor  $u' + w'$  do vento médio em vários níveis de pressão e ao longo de algumas longitudes para as 19 UTC do dia 9/11.

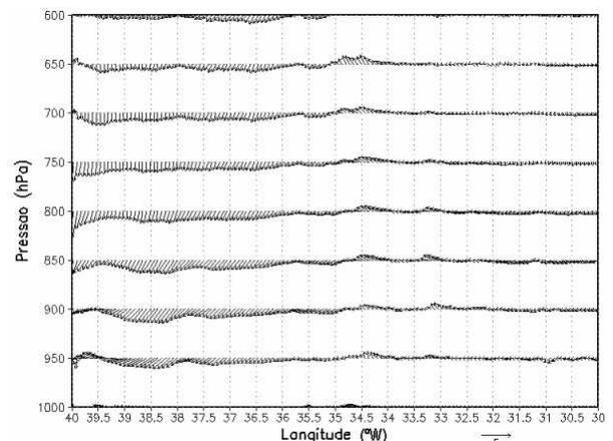


Figura 3 – Vetor  $u' + w'$  do vento médio em vários níveis de pressão e ao longo de algumas longitudes para as 8 UTC do dia 10/11.

As Figuras 4 e 5 mostram a perturbação de temperatura correspondente às circulações mostradas nas Figuras 2 e 3.

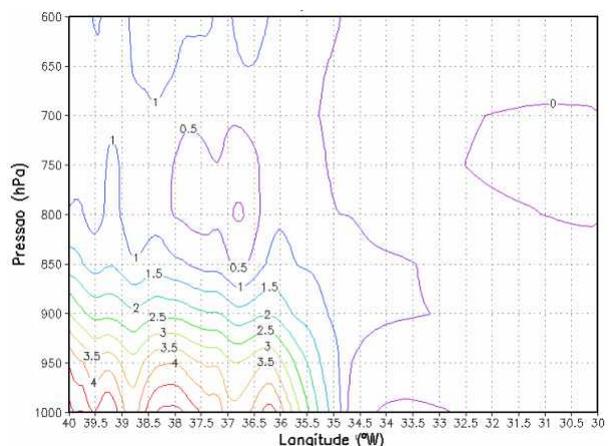


Figura 4 – Perturbação da temperatura em vários níveis de pressão e ao longo de algumas longitudes para as 19 UTC do dia 9/11.

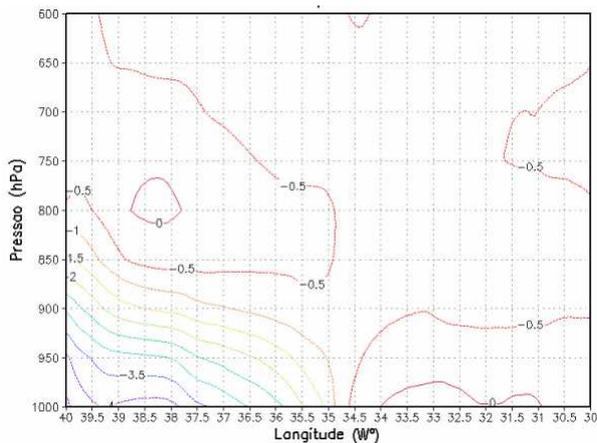


Figura 5 – Perturbação da temperatura em vários níveis de pressão e ao longo de algumas longitudes para as 8 UTC do dia 10/11.

A Figura 6 mostra os valores da temperatura do ar em 1000 hPa sobre o continente (linha preta) e sobre o oceano (linha verde).

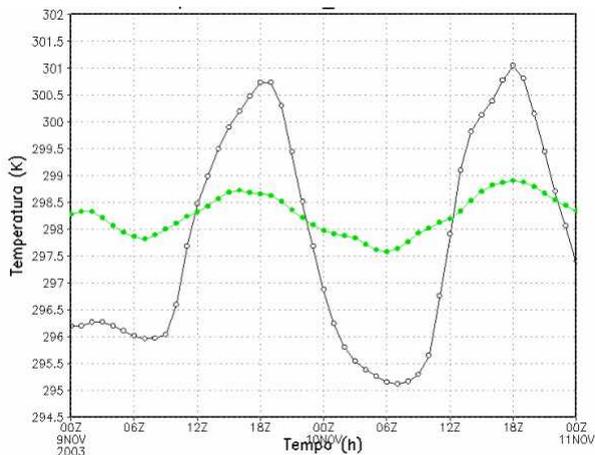


Figura 6 – Temperatura média do ar em 1000 hPa sobre o continente (linha preta) e sobre o oceano (linha verde).

A Figura 7 mostra a evolução temporal do fluxo de calor sensível durante a simulação. A escala horizontal reflete o horário acumulado durante o período simulado.

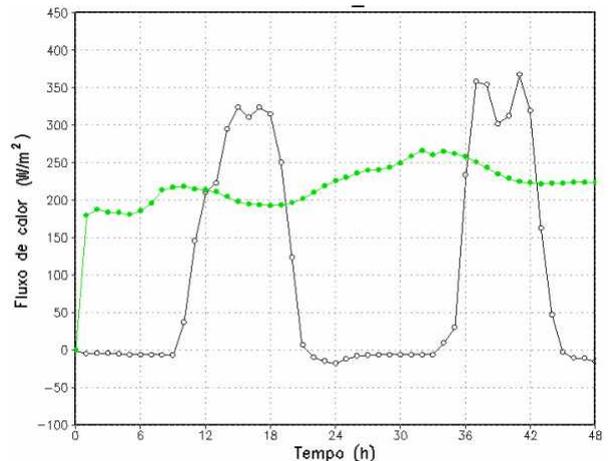


Figura 7 – Evolução temporal do fluxo de calor sensível sobre o continente (linha preta) e sobre o oceano (linha verde).

A Figura 8 mostra a ocorrência de precipitação convectiva acumulada ao longo da área estudada no decorrer do tempo.

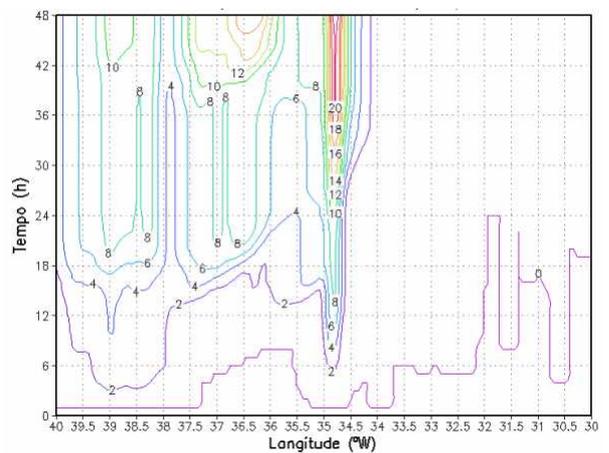


Figura 8 – Precipitação acumulada no decorrer das 48 horas simuladas.

## Discussão

Para o período simulado, os horários em que foram observadas as mais intensas circulações foram às 19 UTC do dia 9/11 e às 8 UTC do dia 10/11. Na primeira ocorrência, a perturbação da velocidade zonal do vento teve sinal negativo caracterizando um escoamento de leste, ou seja, do oceano para o continente, e na segunda, a perturbação mostrou-se positiva, o que mostra um vento de oeste, ou seja, do continente para o oceano, tendo-se que a linha da costa encontra-se em torno de 34°W. A perturbação negativa mostrou ter intensidade de 4 m/s, o dobro da intensidade da perturbação positiva (2 m/s).

As circulações mencionadas anteriormente são mais bem detalhadas nas Figuras 2 e 3. Por elas, pode-se perceber uma tendência ao movimento descendente do ar de 36°W a 35,5°W,

para a circulação das 19h e de 39°W a 36°W, para a circulação das 8h do dia 10.

Todas essas informações mostram que há a presença da brisa marítima na circulação identificada às 19 UTC do dia 9. Para a circulação das 8 UTC, observa-se a presença da brisa terrestre.

Pela perturbação de temperatura pode-se identificar a intensidade do gradiente de temperatura que regeu as brisas. Pode-se ver que para a brisa terrestre, em baixos níveis, o ar estava relativamente mais frio sobre o continente cerca de 2,5°C. E para a brisa marítima, o continente mostrou-se mais aquecido cerca de 4°C. Neste caso, o maior gradiente de temperatura ocorreu na presença da brisa marítima.

Pela Figura 6, percebe-se, claramente, o ciclo diurno da temperatura sobre o continente, que teve amplitude em torno de 6 K. As temperaturas máximas ocorreram em torno das 18 UTC de cada dia e as mínimas, próximas às 6 UTC. No oceano, a temperatura do ar manteve-se sem grandes variações entre 297,5 K, ou 24,5°C, e 299 K, ou 26°C. Dessa forma, os maiores gradientes são observados quando ocorrem os máximos e mínimos de temperatura sobre o continente.

A evolução do fluxo de calor sensível sobre o continente mostra que ocorreram os máximos do fluxo às 15 UTC do dia 9 (330 W/m<sup>2</sup>) e às 17 UTC do dia 10 (370 W/m<sup>2</sup>). Este último valor foi o maior encontrado nesta simulação. Sobre o oceano, o fluxo não é tão expressivo quanto sobre o continente, de forma que sua variação está entre 170 e 260 W/m<sup>2</sup>. Isso porque não está concentrado no ciclo diurno.

Observa-se que do máximo de fluxo de calor sensível para a temperatura máxima há uma defasagem, no primeiro dia, de 3h, mas para o segundo dia, a defasagem é de apenas uma hora.

Embora a intensidade deste tipo de circulação esteja intimamente ligada ao gradiente de temperatura, que por sua vez está ligado ao fluxo de calor sensível, existem outros fatores, tais como a circulação em grande escala, que contribuem para as brisas serem ou não relativamente mais intensas. A circulação de grande escala também contribui para mascarar as brisas dificultando seu reconhecimento.

Nota-se que a precipitação ocorreu, predominantemente, sobre o continente. Enquanto as condições sobre o oceano aparecem com sinais característicos dessas circulações, sobre o continente, a precipitação também tende a estabelecer um padrão de circulação que se sobrepõe e mascara a presença da brisa, principalmente a marítima.

## Conclusão

Devido às dificuldades de obter-se dados observacionais representativos das circulações do tipo brisa faz-se necessária a utilização de modelos atmosféricos de meso escala para estudá-las detalhadamente.

Mesmo utilizando os modelos atmosféricos, as brisas não são de fácil percepção, pois são perturbações sobre postas ao movimento de grande escala.

## Referências

- [1] PIELKE, R. A. et al. A comprehensive meteorological modeling system – RAMS. *Meteor. Atmos. Phys.*, v.49, p. 69-91, 1982.
- [2] KOUSKY, V. E.; ELIAS, M. Meteorologia Sinótica; Parte 1. INPE – 2605-MD/021. 1982.
- [3] OOKOUCHI, Y. et al. Evaluation of soil moisture effects on the generation and modification of mesoscale circulations. *Mon. Wea. Rev.*, v. 112, p. 2281-2292, 1984.
- [4] SOUZA, E. P. Estudo teórico e numérico entre convecção e superfícies heterogêneas na região amazônica. TESE DE DOUTORADO. Universidade de São Paulo, 7-31, 1999.
- [5] WEXLER, R. Theory and observations of land and sea breezes. *Bull. Am. Met. Soc.*, v.27, 272-287, 1946.
- [6] ESTOQUE, M. A. The sea breeze as a function of the prevailing synoptic situation. *J. Atmos. Sci.*, v. 19, p. 244-250, 1962.
- [7] CHANG, L. P. et al. Development of a two-dimensional finite-element PBL model and two preliminary model applications. *Mon. Wea. Rev.*, v. 110, p.2025-2037, 1982.
- [8] ARRIT, R. W. Effects of the large-scale flow on characteristic features of the sea breeze. *J. Appl. Meteor.*, v.32, p.116-125, 1993.