



## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

### INFLUÊNCIA DA BRISA LACUSTRE NA REFRAÇÃO ATMOSFÉRICA: UMA ANÁLISE NUMÉRICA DE CENÁRIOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS NA REGIÃO DA HIDRELÉTRICA DE SOBRADINHO - BA

Magaly de Fatima Correia <sup>1</sup>, André Gomes Penaforte <sup>2</sup>, Rodolpho L. Barros de Medeiros <sup>3</sup>, Maria Regina da Silva Aragão <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Profa. Doutora, Universidade Federal de Campina Grande, DCA/UFCG, e-mail: magaly@dca.ufcg.edu.br* Bolsista CNPq, regina@dca.ufcg.edu.br, <sup>2</sup> *Bolsista PIBIC Graduação em Meteorologia, <sup>3</sup>Graduação em Meteorologia: Universidade Federal de Campina Grande, DCA/UFCG, e-mail: andrepenafortee@gmail.com <sup>2</sup> rodolpholuz42@gmail.com,*<sup>3</sup>

A dependência existente no Brasil e, em particular na Região Nordeste, em relação à energia hidrelétrica tem se tornado um problema crítico devido a sua natureza sazonal. O desenvolvimento econômico da região e a realidade da hidroeletricidade como fonte principal de energia se tornam cada vez mais vulneráveis a condições meteorológicas extremas. Os níveis dos reservatórios das principais represas têm diminuído drasticamente, conduzindo a situações críticas no gerenciamento dos recursos hídricos. Os problemas decorrentes de variações nos níveis das represas, no entanto, vão além do controle sazonal na produção de energia elétrica. Resultados de simulações numéricas com o modelo RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) para cenários hidrológicos extremos na região da Hidrelétrica de Sobradinho mostram que a variação na intensidade da brisa lacustre associada com a expansão e contração da área alagada muda o padrão de refração atmosférica e representa um componente importante em planejamentos de radioenlaces terrestres.

**Palavras-chave:** RAMS, Brisa Lacustre, Hidrelétrica de Sobradinho, Radioenlaces terrestres

#### ABSTRACT:

The dependence of Brazil and, in particular, of the Northeast region upon the hydroelectric energy is becoming a critical problem due to its seasonal nature. The region economic development and the reality of the hydroelectricity as the main source of energy are becoming increasingly vulnerable to extreme meteorological conditions. The levels of the reservoirs of the main dams are decreasing drastically, leading to critical situations in water resources management. However, the problems due to variation in the levels of the reservoirs go beyond the seasonal control on the electricity production. Results of numerical simulations for extreme hydrological scenarios in the region of the Sobradinho hydroelectric power plant made with the





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

RAMS model (Regional Atmospheric Modeling System) show that variation in the lake breeze intensity associated with expansion or contraction of the flooded area changes the atmospheric refraction pattern and represents an important component in planning terrestrial radio links.

**Keywords: RAMS, lake breeze, Sobradinho Dam, terrestrial radio links**

### **INTRODUÇÃO**

Atrasos ou desvanecimentos de sinais em comunicações radioelétricas são causados por mudanças no índice de refração do meio de propagação. Variações horizontais e verticais do índice de refração são influenciadas pela distribuição espacial do vapor de água, pressão, temperatura e água líquida. Processos advectivos (transporte horizontal de massa de ar) são particularmente importantes em sinais na faixa de microondas. A troca de calor e umidade entre a superfície terrestre e o ar vizinho, modifica a estratificação térmica das camadas mais baixas da atmosfera. Esse processo leva a uma atmosfera com diferentes características refrativas. Atividades agrícolas, urbanização e construção de reservatórios nas usinas hidrelétricas estão entre as principais causas de perturbações atmosféricas.

As análises apresentadas neste trabalho têm como objetivo avaliar o grau de influência de circulações locais (brisa lacustre e ventos de encosta) no transporte de umidade e modificações do padrão espacial do índice de refração na região do reservatório de Sobradinho. A crise hídrica com reduções extremas nos níveis dos reservatórios das hidrelétricas com impactos relevantes no semiárido da bacia hidrográfica do rio São Francisco motivou a realização dessa pesquisa.

### **METODOLOGIA**

Simulações numéricas com o modelo RAMS foram realizadas para avaliar possíveis mudanças no padrão de vento local, pela geração e intensificação da brisa lacustre, e/ou resultantes do acoplamento com ventos de encosta e da variação no nível do lago. Na elaboração dos experimentos numéricos foram considerados cenários extremos, denominados, Cota Alta (CA), para representar situações de nível máximo da represa e Cota Baixa (CB) para situações de volumes extremamente baixos. A utilização de imagens do satélite Landsat (canal MSS-7) permitiu obter o máximo de contraste entre áreas cobertas por água e áreas não atingidas pela inundação. Essas imagens foram usadas como fonte de dados no processo de geração dos arquivos com informações sobre a área inundada dentro do domínio numérico, para representar situações de CA e CB, respectivamente. Os critérios usados na elaboração dos cenários são descritos em





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Correia e Silva Dias (2003). A Localização geográfica do reservatório de Sobradinho e o domínio numérico utilizado nos experimentos numéricos, Cota Alta e Cota Baixa são apresentados na Figura 1. Simulações numéricas em alta resolução espacial e temporal permitem obter informações com maior precisão da evolução de processos atmosféricos associados com mudanças na ocupação do solo no entorno do reservatório, dificilmente obtidas com base em dados coletados nas poucas estações climatológicas existentes na região.

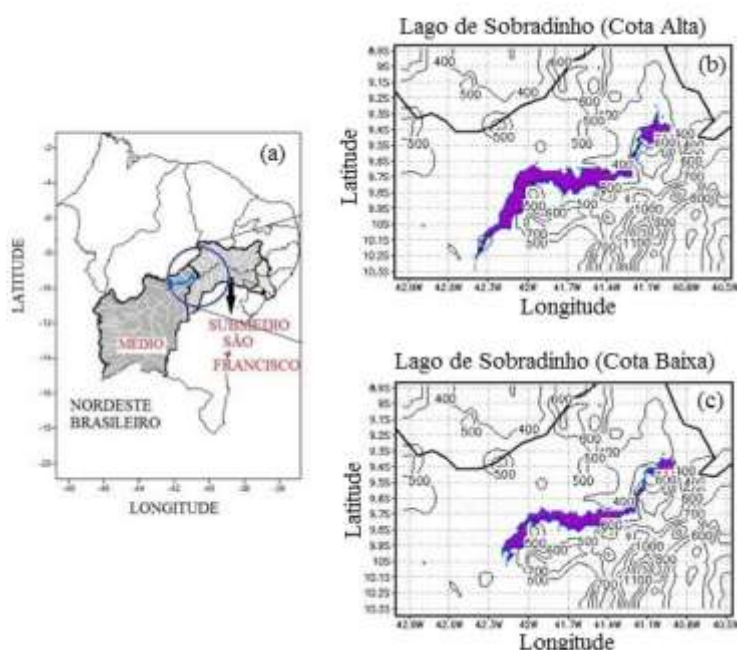


Figura 1. (a) Localização geográfica do reservatório da Hidrelétrica de Sobradinho; Domínio numérico com o Lago de Sobradinho e a topografia (m): (b) cota alta (CA) e (c) cota baixa (CB). O intervalo de análise da topografia é de 50 metros.

### Obtenção de parâmetros

Seguindo recomendações da União Internacional de Telecomunicações, UIT-R P.453-6, o índice de refração atmosférica ( $n$ ) e da refratividade ( $N$ ) foram calculados com base nas equações 1 e 2.

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \quad (1)$$

$$N = 77,6 \frac{P}{T} + 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2} = N_s + N_u \quad (2)$$

Em que,  $N$  é a refratividade atmosférica;  $N_s = 77,6 \times \frac{P}{T}$ , é o termo seco da







## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

refratividade;  $N_u = 3,73 \times 10^5 \frac{e}{T^2}$ , é o termo úmido da refratividade;  $P$ , é a pressão atmosférica (mb);  $T$ , é a temperatura do ar (K);  $e = \frac{Pr}{\epsilon}$ , é a pressão parcial do vapor d'água (mb) e  $r$ , é a razão de mistura (g/kg).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A configuração espacial do vento as 15 HL obtida com as simulações CA e CB é apresentada na Figura 2. Fatores distintos explicam as discontinuidades observadas nas configurações do escoamento. A influência da topografia sobre as circulações é evidente nas regiões mais elevadas no setor sudeste do domínio numérico principalmente na simulação CA decorrente do acoplamento da BL e ventos de encosta. As modificações impostas pela variação no nível do lago são claramente identificadas na configuração do escoamento quando comparados os resultados das simulações CA e CB. A BL é mais intensa e atinge uma área maior na simulação CA associada com uma maior área inundada. Resultados semelhantes foram encontrados por Correia et. al., (2006), Correia Silva Dias (2003) er Bezerra, et, al, (2004).

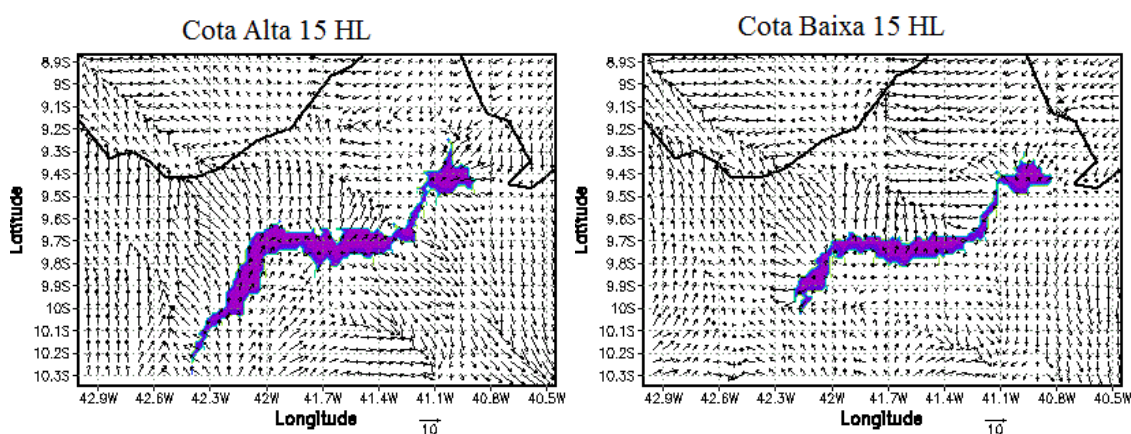


Figura 2. Campo do vento (m/s) a 24 m da superfície no domínio com resolução de 2 km. Simulação de cota alta (CA) as 15:00 HL (a); Simulação de cota baixa (CB) as 15:00 HL (b). Modificada de Correia, (2001).

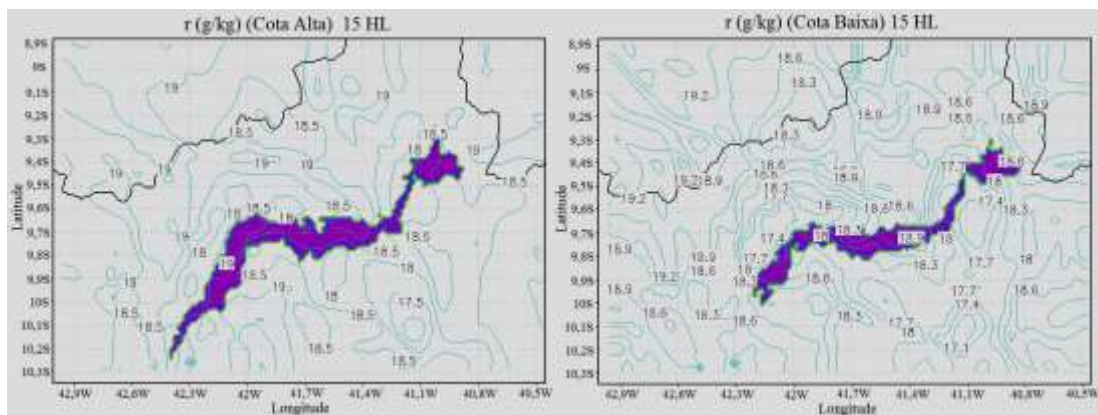
Um aspecto relevante pode ser observado no setor nordeste do domínio, mais precisamente na região situada ao norte da latitude de 9,6°S e a leste da longitude de 41,7°W. A intensidade e direção do escoamento são substancialmente diferentes nas simulações CA e CB. Esse comportamento é atribuído principalmente à influência da





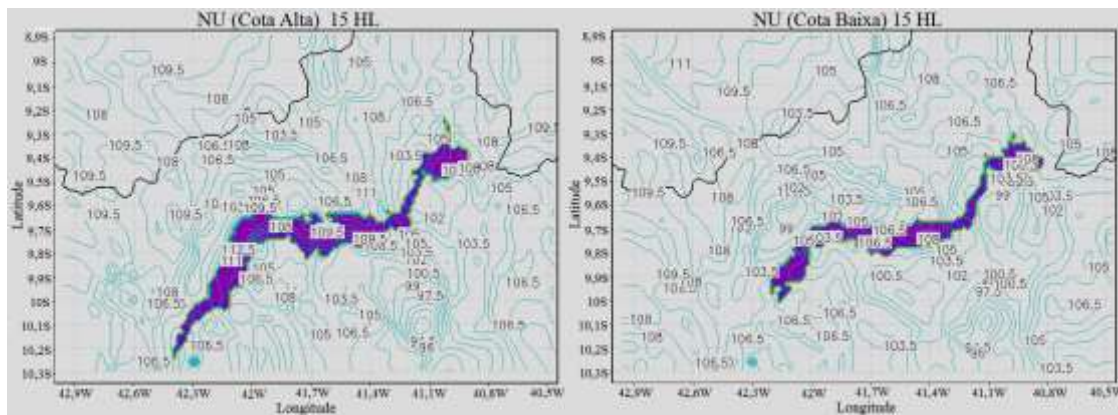
## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

mudança na configuração das bordas do lago próximo da barragem em decorrência da variação no nível do reservatório. O efeito desse fator em conjunto com o acoplamento entre a circulação da BL e dos ventos de encosta altera o comportamento do vento e transportes horizontais e verticais de vapor e energia na região. Configurações espaciais da razão de mistura e do NU no horário das 15 HL (máxima intensidade das circulações termicamente induzidas), obtidas com as simulações CA e CB são apresentadas na Figura 3.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 3. Campo da razão de mistura (g/kg) e da componente úmida da refratividade (unidades de refratividade) as 15 HL, resultante da simulação de cota alta (CA): (a) e (b), e de cota baixa (CB): (c) e (d).







## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Verifica-se uma relação direta entre a razão de mistura (g/kg) e o NU (unidades de refratividade). Valores mais altos dessas variáveis são observados nas localidades atingidas pela brisa lacustre. Essa área é nitidamente maior na simulação de CA. Neste cenário a circulação da brisa é mais intensa já que a diferença entre a temperatura da água do reservatório e do solo no entorno da represa é maior.

### **CONCLUSÕES**

O transporte de vapor por circulações locais altera substancialmente a distribuição espacial da umidade atmosférica e do NU. Esta constatação seria impossível apenas com dados observados nas estações climatológicas situadas na região ou através de simulações numéricas em baixa resolução.

O comportamento da refratividade é função da umidade atmosférica. Neste sentido a variação no transporte de vapor de água por circulações locais (brisa lacustre e ventos de encostas) pode causar desvanecimento ou perda de sinais radioelétricos.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BEZERRA, J. C.; CORREIA, M. F.; GONÇALVES, W. A. Radioclimatologia: mudanças na cobertura e uso do solo e alterações no padrão de refratividade atmosférica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM

CORREIA, M. F. **Impacto das ações antrópicas no clima do Submédio do Rio São Francisco: Um estudo numérico e observacional**. 2001. 178 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

Correia, M.F.; Silva Dias, M.A.F. (2003). Variação do nível do reservatório de Sobradinho e seu impacto sobre o clima da região. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.1, p. 157-168.

CORREIA, M. F.; SILVA DIAS, M. A. F.; SILVA ARAGÃO, M. R. Soil occupation and atmospheric variations over Sobradinho Lake Area. Part Two: A regional modeling





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

study. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v. 94, p. 115-128, 2006.

