

EXPERIMENTO CARIRI: UM ESTUDO EXPERIMENTAL - FASE I

Alain Marie Bernard Passerat de Silans - UFPB¹

Fernando Moreira da Silva - UFRN²

Francisco de Assis Reis Barbosa - UFPB³

Livia de Souza Marinho - UFPB⁴

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho um experimento montado em São João do Cariri, no estado da Paraíba, para medir na camada limite atmosférica, o balanço radiativo, o balanço de energia pela razão de Bowen e o balanço hídrico de uma parcela coberta por vegetação típica da caatinga. O objetivo do trabalho foi descrever um experimento complexo, denominado "Experimento Cariri" no intuito de fornecer subsídios para a parametrização e incorporação da dinâmica da vegetação, seja nos modelos ambientais, hidrológicos, de circulação atmosférica ou modelos climáticos. Resultados parciais indicaram que a vegetação exerce um papel de "controle térmico" entre o solo e a atmosfera. Por sua vez, o solo tem uma característica marcante quanto à transferência de umidade para a atmosfera, reumidificação do período diurno. A camada limite atmosférica apresentou uma inversão de temperatura quase que constante.

Palavras - chave: Caatinga. Balanço de energia. Balanço hidrológico.

ABSTRACT

An experiment mounted is presented in this work in São João do Cariri, in the Paraíba state. To measure in the atmospheric boundary layer, the radiativ budget, the budget of energy for the reason of Bowen and the hydric budget of a parcel covered for typical of the caatinga vegetation. The objective of the work was to describe a complex experiment, called " Experimento Cariri " in intention to supply to subsidies the parametrization and incorporation of the dynamics of the vegetation, either in the ambient, hydrologics models, of atmospheric circulation or climatic models. Partial results had indicated that the vegetation exerts a function of "thermal control" between the ground and the atmosphere. In turn, the ground has a relevant characteristic how much the transference of humidity for the atmosphere, moistening of the daylight. The atmospheric boundary layer presented that an almost constant inversion temperature.

Key - words: Caatinga. Energy budget. Radiative budget. Hydrologic budget.

INTRODUÇÃO

A paisagem que se denominou de Caatinga é o principal ecossistema existente na Região Nordeste, ocupa mais de 60% de sua área, estendendo-se desde o Maranhão, cobrindo grande parte dos Estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia a até o Norte de Minas Gerais, ocupando 73.683.649 ha, 6,83% do território nacional, onde cerca de 20 milhões de brasileiros vivem na região coberta pela caatinga (TABARELLI, 2002).

¹ Professor Doutor CTCC/Centro de Tecnologia - Universidade Federal da Paraíba 58050-900 João Pessoa/PB.

² Professor Doutor DGEO/Centro de Ciências Humanas Letras e Artes - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

³ Mestrando - CTCC/Centro de Tecnologia - Universidade Federal da Paraíba 58050-900 João Pessoa/PB.

⁴ Mestrando - CTCC/Centro de Tecnologia - Universidade Federal da Paraíba 58050-900 João Pessoa/PB.

Não é surpresa, a vegetação de tipo caatinga que, embora com grande diversidade cobre toda a região semi-árida do Nordeste Brasileiro (188.000 Km²), carece ainda quase que totalmente de informações para efetuar estudos de ordem física, envolvendo a interação solo-vegetação-atmosfera, o que impossibilita estudos adequados dos impactos das mudanças climáticas na região, bem como as parametrizações na superfície.

Os processos de transferência de calor e água entre o solo, a vegetação e a atmosfera são fortemente não lineares, e a promediação no espaço das variáveis por serem heterogêneas não é simplesmente estática (WOOD, 1992; SILANS, 1996; SILVA et al., 2002). Modelos de solo-vegetação-atmosfera são utilizados com parâmetros descritores da dinâmica do calor e da água no solo, na vegetação e na camada limite atmosférica. As técnicas para efetuar essa parametrização estão ainda em elaboração e dependem de muitos estudos experimentais.

O objetivo deste trabalho é de descrever um experimento complexo, denominado de "Experimento Cariri", na região dos Cariris velhos da Paraíba (Figura 1), com o intuito de fornecer subsídios para parametrização e incorporação da dinâmica da vegetação, seja nos modelos ambientais, hidrológicos ou nos modelos atmosféricos de meso-escala.

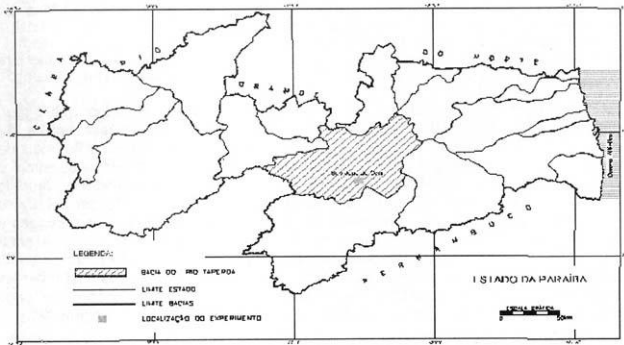


Figura 1 - Mapa de localização do "Experimento Cariri" - São João do Cariri/PB.

1 - MATERIAL E MÉTODOS

Neste cenário foi instalada uma estação hidro-micrometeorológica, na Bacia Escola da Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, especificamente na Região dos Cariris Velhos/PB, com o objetivo de coletar dados na camada limite atmosférica. Os solos são predominantemente Bruno não-cálcicos, são mineralizados, não hidromórficos, com alta fertilidade natural, geralmente rasos (profundidade não ultrapassa 50 cm). São solos pedregosos e bastante susceptíveis a erosão. É comum nestes solos, durante o período seco, a presença de fendilamentos no horizonte B textural devido aos teores de argila (RADAMBRASIL, 1981). Seu aproveitamento para a agricultura é limitado pela presença de pedregulhos e das condições climáticas da área estudada. Como vimos anteriormente, a vegetação é do tipo caatinga (Figura 2), prevalecendo: pastagem (capim mimoso); plantas arbóreas (marmeleiro, mucunfo, pinhão branco); plantas lenheiras (angico catigueira) e cactáceas (facheiro, xique-xique, palmatória, palma doce e cardeiro ou mandacaru).



Figura 2 - Interação solo-vegetação-atmosfera na caatinga de São João do Cariri/PB.

Trata-se de uma região classificada como semi-árida, com chuvas abundantes e concentradas nos meses de Fevereiro a Abril, onde a Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, é o sistema sinótico predominante (SILVA, 1991). Sua vegetação é esparsa, alternando-se ora com superfície desnudada e ora com superfície coberta por vegetação. No período chuvoso, cresce à superfície uma cobertura herbácea, não muito densa, porém que pode atingir 60cm de altura no final da estação chuvosa.

Os dados são coletados em um sistema de aquisição de dados, Datalogger, modelo CR23X da Campbell Scientific Inc., com entrada para 24 sinais simples, 12 diferenciais e 4 para sinal tipo pulso, além de 4 canais para excitação e 8 canais de controle. A fim de agregar mais entrada de instrumentos, se fez necessário o acoplamento de um multiplexer analógico, marca Campbell Scientific Inc., modelo AM416, com 64 entradas para instrumentos meteorológicos ao datalogger CR23X, o que trouxe mais capacidade de coleta de dados ao experimento. O datalogger é alimentado em contínuo por uma bateria de 12 volts e 55 AH acoplada a um painel solar de 20W. O sistema de aquisição de dados é também programado para operar como unidade de controle de todo experimento, sendo conectado pelos instrumentos conforme esquema em anexo. O experimento foi concebido para realizar sobre períodos de 20 minutos, o balanço radiativo, o balanço de energia e o balanço hídrico (Figura 3).

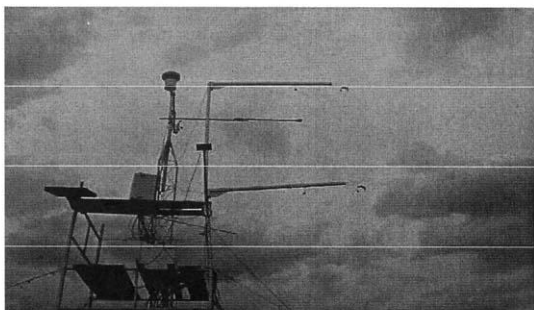


Figura 3 - Vista parcial da parte superior da torre micrometeorológica.

1.1 - O balanço radiativo

O balanço radiativo à superfície é dado pela equação:

$$R_n = (1 - \alpha_s)R_g + (R_a - \epsilon_s \sigma T_s^4) \quad (1)$$

Onde R_n é a radiação líquida; R_g é a radiação global; R_a é a radiação atmosférica de onda longa; α_s é o albedo; ϵ_s é a emissividade da superfície do solo e T_s é a temperatura da superfície do solo em graus Kelvin.

A radiação líquida é medida diretamente por um radiômetro modelo Q-7.1, marca Campbell Scientific Inc., trabalhando na faixa de comprimento de onda de 0,25 a 60 μ m, localizado a 2,50m de altura acima da copa da vegetação. A radiação global é medida por um piranômetro modelo LI200X, de marca Campbell Scientific Inc., trabalhando na faixa de 0,4 a 1,1 μ m e instalado a 5m de altura.

A temperatura e a umidade do ar são medidas na copa da vegetação, a uma altura de 2m. Ambas são medidas pelo termohigrômetro de marca Campbell Scientific Inc., modelo HMP45C, trabalhando na faixa de -40°C a 60°C para temperatura e de 0 a 100% para a umidade relativa do ar. Os outros termos do balanço não são medidos. A radiação atmosférica pode ser estimada por métodos empíricos quando se conhece a umidade e a temperatura do ar atmosférico; a emissividade da superfície do solo para a estação seca é de 0,987, enquanto na estação úmida é de 0,999, de maneira análoga, o albedo é de 0,262, ao passo que na estação úmida é de 0,307, conforme proposta de Paz (2002).

1.2 - O balanço de energia

A energia líquida R_n é transformada em calor latente de evaporação, LE, calor sensível, H, fluxo de calor para o solo, G, desprezando o calor armazenado entre o solo e a vegetação:

$$R_n = LE + H + G \quad (2)$$

O fluxo de calor no solo é medido através de dois fluxômetros, ambos da marca Campbell Scientific Inc., modelo HFT-3, com sensibilidade de 25mV, instalados a 5cm abaixo da superfície do solo, o primeiro em área vegetada, enquanto o segundo em área desnuda.

A temperatura do solo é medida por geotermômetros marca Campbell Scientific Inc., modelo 108, trabalhando na faixa de -5°C a 95°C, instalados em duas colunas com 0, 2, 5, 15 e 50cm de profundidade, respectivamente, de forma a medir os gradientes verticais e horizontais no mesmo plano vertical em que estão inseridos os fluxômetros (Figura 8), ao passo que a temperatura da folhagem é medida por um termômetro infravermelho, marca Everest Interscience Inc., modelo 4000.4GL, funcionando na faixa de -40°C a 100°C, com resolução de 0,1°C.

O calor sensível e o calor latente de evaporação serão medidos utilizando a razão de Bowen:

$$\beta = H/LE = \gamma[(T_1 - T_2)/(e_1 - e_2)] \quad (3)$$

onde: γ é a constante psicrométrica, T_1 e e_1 representam respectivamente, as temperaturas e a pressão de vapor medidos em duas alturas diferentes ($i = 1$ ou 2). Introduzindo a equação (3) em (2), obtém-se a equação que permite calcular o calor latente de evaporação e conseqüentemente a taxa de evaporação potencial:

No experimento descrito neste trabalho, as temperaturas e as pressões de vapor são medidas respectivamente a 1,5m e 2,25m acima da copa da vegetação. Cada temperatura é medida por um conjunto de dois termopares crommel-constantan, de 25 μ e 75 μ de diâmetro, respectivamente. Eles são dispostos abaixo do braço de sustentação de modo a não absorver a radiação solar. A pressão de vapor é calculada a partir da medição do ponto de orvalho. O ar, em ambas as alturas é aspirado sobre um espelho resfriado de modo que o vapor de água contido no mesmo se deposita por condensação na superfície do espelho formando uma película de espessura muito pequena. Um sistema ótico mede por refração a espessura da película e o sistema fornece a temperatura do orvalho. Para minimizar os erros, já que os valores de e_1 e e_2 medidos em duas alturas diferentes diferem muito pouco, um sistema de alternância do fluxo de ar é inserido no processo, utilizando um dispositivo com garrafa de armazenamento e válvulas solenóides.

O vento é medido por um anemômetro de pulso, marca Campbell Scientific Inc., modelo Met One 034^a-L Windset, instalado a 5m da superfície do solo, de maneira a medir acima do topo da vegetação, bem como um anemômetro totalizador marca IH instalado a 50cm do solo, de forma que possa auxiliar a avaliação do tipo de convecção entre a superfície e a copa da vegetação.

1.3 - O balanço hídrico

A medição experimental do balanço hídrico procura quantificar as frações da água precipitada acima da vegetação que penetram as diferentes fases do sistema. Assim, são medidas a interceptação da precipitação pela vegetação e a quantidade de água que infiltra no solo.

Dois pluviômetros foram instalados; o primeiro da marca Campbell Scientific Inc., modelo TE525, enquanto o segundo de marca Hydrological Services Pty. LTD., modelo TB3. O primeiro foi instalado a 1,5m acima do topo da vegetação. Por baixo da vegetação, duas calhas ligeiramente inclinadas coletam a água que passa sem interceptação através da folhagem, assim como aquela que goteja das folhas, e dos ramos, e vertem em outro pluviômetro. Foi necessário instalar coletores no caule dos vegetais circunvizinhos aos sensores, de forma que possam avaliar a interceptação e escoamento nesses caules.

A umidade do solo, também, é medida através de sondas da Campbell Scientific Inc., sendo três potenciômetros (modelo 257-L), instalados a 10,20 e 40 cm de profundidade, respectivamente, e um reflectômetro, também chamado de sonda TDR instalado a 5cm de profundidade.

Um software denominado de PC208W, versão 2.3, da Campbell Scientific Inc. foi utilizado como trabalho de gabinete e programar o sistema central de controle e aquisição de dados (Datalogger), tornando-o compatível com os softwares da Microsoft.

2 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após dois anos de coleta e observação dos parâmetros micrometeorológicos na caatinga dos Cariris Velhos/PB, podemos relacionar alguns comportamentos físicos importantes:

Analisando os perfis de temperatura do solo Bruno não-cálcico, típico de uma região de caatinga no semi-árido, constata-se a existência de gradientes verticais de temperatura muito fortes à superfície e uma pequena penetração da onda de temperatura. A defasagem entre as ondas de temperatura observadas à superfície e a 5cm de profundidade é muito grande o que caracteriza um solo com baixa difusividade térmica. Este resultado é de fundamental importância para a compreensão do clima na região, do processo de evaporação do solo e do balanço hídrico.

As trocas de energia e de massa entre coberturas vegetais e a atmosfera têm

reguladores próprios na vegetação, associados aos fatores estruturais (área e espessura da folha) e fisiológicos (comportamento estomático) que a caracterizam. As relações energéticas que originam e sustentam essas trocas são governadas por uma fonte primária de radiação solar externa e independente, complementada pela radiação "interna" de onda longa dos elementos vegetais e do solo subjacente à cobertura.

No bioma estudado, caatinga, as trocas de calor sensível e de calor latente entre a superfície do solo e o dossel se faz por convecção livre, o que gera uma circulação local, acelerando a formação de turbilhões, e favorecendo uma rápida mudança nos pequenos gradientes de temperatura e umidade. Além do mais, observou-se isoterma ou até inversões térmicas na vertical.

Salientamos que outros resultados, bem como os dados estão disponíveis no site: www.ct.ufpb.br/cariri, de forma gratuita.

CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Podemos destacar algumas considerações relevantes: há inversões térmicas localizados acima da vegetação; as trocas de calor na superfície do solo se dão em uma camada muito fina (15cm), com uma difusividade térmica do solo muito baixa (na ordem de 10^{-6} m²/s); a capacidade de armazenamento da vegetação é muito pequena e que quanto maior é a intensidade da chuva, maior é também o potencial de drenagem ao longo dos pedúnculos, galhos e troncos; como já era esperado, as nuvens são do tipo predominantemente cumuliformes, o que caracteriza a precipitação como pancadas de chuvas de curta duração, porém com forte intensidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PAZ, R.S. *Avaliação da análise inversa ao modelo meteorológico de circulação regional*. João Pessoa: UFPB, Tese Doutorado, 106p, 2002.
- SILANS, A.M.B.P.; MONTENY, B.; LHOMME, J.P. **Apparent soil thermal diffusivity, a case study: Hapex - Sahel experiment**. Agric. For. Meteorol. 81, p. 201-216, 1996.
- SILANS, A.M.B.P.; SILVA, F.M.; PAZ, A.R.; GOMES, R. S; SOUZA, E. E. Estudo Experimental da interação solo vegetação atmosfera na região do Cariri. **V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**. Natal, p.2:243-251, 2000.
- SILVA, F. M. **Vórtice Ciclônico alta Troposfera: dois estudos de caso para o Nordeste do Brasil**. Campina Grande: UFPB, Dissertação de Mestrado, p.126, 1991.
- SILVA, F. M.; SILANS, A. M. B. P.; ALENCAR, R.I.S.; BARBOSA, F.A.R. Modelo convectivo para transferência de calor na camada limite interfacial de um escoamento na região da caatinga/PB. XII CONGRESSO DE METEOROLOGIA. **Anais no CD-ROM**. Foz do Iguaçu, 2002.
- SILVA, F.M.; BARBOSA, F.A.R.; ALENCAR, R.I.S.; SILANS, A.M.B.P. Um Estudo Experimental do balanço de energia e dos fluxos de calor acima da vegetação da caatinga. XII CONGRESSO DE METEOROLOGIA. **Anais no CD-ROM**. Foz do Iguaçu, 2002.
- SILANS, A.M.B.P.; MONTENY, B.A.; LHOMME, J.P. Apparent soil thermal diffusivity, a case study: Hapex Sahel Experiment. **Journal of Agriculture Forecast Meteorol**, p.201-216, 1996.
- TABARELLI, M. **Vegetação e flora da caatinga**. Editora Centro Nordestino de Informações sobre Plantas (CNIP), p.176, 2002.
- WOOD, E.F. **Large scale observational studies of land/atmosfera inteactions**. Holanda: Elsevier Publishing, 1992.