

CLIMATOLOGIA DA UMIDADE DO SOLO NO BRASIL

Luciana Rossato, Regina Célia dos Santos Alvalá, Javier Tomasella

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (INPE/CPTEC) –
Rodovia Presidente Dutra km 39, Cachoeira Paulista/SP.

E-mails: rossato@cptec.inpe.br, regina@cptec.inpe.br, javier@cptec.inpe.br.

ABSTRACT

In this work, a soil water balance for Brazil was developed, which is a function of the water availability, rainfall and potential evapotranspiration. The maximum soil water storage was derived from the field capacity and the wilting point using a pedo-transfer function (PTF). The evapotranspiration was estimated using the Penman-Monteith method. Based on the vegetation parameters provided by the SiB model, the potential evapotranspiration was calculated for the main Brazilian biomes, as defined in SiB. The mean soil moisture for the period 1971-1990 was derived combining historical rainfall data and evapotranspiration estimates.

1. INTRODUÇÃO

A umidade no solo constitui-se numa das variáveis mais importantes nos processos de troca entre o solo e a atmosfera, bem como para estudos de infiltração, de drenagem, de condutividade hidráulica e de irrigação, entre outros.

Considerando a importância da umidade no solo, várias técnicas ou métodos foram propostos para a sua determinação, a qual pode ser feita direta ou indiretamente, utilizando-se diferentes instrumentos como, por exemplo, a sonda de neutrons e o reflectômetro com domínio temporal (TDR) ou de frequência (FDR).

No entanto, a determinação da umidade do solo utilizando métodos diretos ou indiretos demanda tempo e trabalho, o que pode ser inviável sobre extensas áreas, como é o caso do Brasil. Assim sendo, a não disponibilidade de dados de umidade do solo para o território brasileiro, com o nível de precisão e a extensão geográfica necessários para estudos em escala regional, limita o entendimento da interação entre a umidade do solo e a atmosfera.

Por outro lado, existem modelos que relacionam as propriedades físico-hídricas do solo com os componentes de entrada e saída de água no solo, os quais são conhecidos como Balanços de Água no Solo ou simplesmente Balanços Hídricos (Hillel, 1980). O balanço hídrico consiste em avaliar a contabilidade hídrica do solo, até a profundidade explorada pelas raízes, calculando-se, sistematicamente, todos os fluxos positivos (entrada de água no solo) e negativos (saída de água do solo). Tais fluxos decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação e evapotranspiração) e do próprio movimento subterrâneo da água.

Assim sendo, este trabalho tem por objetivo elaborar um balanço hídrico para todo o Brasil, utilizando nova abordagem que incorpora características espaciais da distribuição das propriedades físicas dos solos, tais como o percentual de areia, de silte, de cascalho e de matéria orgânica e o armazenamento de água no solo, sendo este obtido a partir da estimativa da capacidade de campo e do ponto de murcha utilizando-se funções de pedo-transferência (FPT). Estas funções permitem estimar as propriedades hidráulicas a partir das propriedades básicas dos solos, como, por exemplo, textura, conteúdo de carbono e densidade global. O balanço hídrico será desenvolvido a partir da interpolação de informações pedológicas e meteorológicas com diferentes resoluções espaciais e temporais, o qual permitirá estimar a umidade média mensal do solo durante o período de 1971-1990.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para calcular o balanço hídrico em todo território brasileiro utilizou-se uma expressão simplificada do balanço hídrico, escrita como:

$$S_{t+1} = S_t + PRE_t - ETR_t \quad (2.1)$$

sendo S o armazenamento de água no solo disponível para as plantas (mm), PRE a precipitação (mm), t o tempo, e ETR a evapotranspiração real da vegetação (mm).

A seguir apresentam-se as simplificações assumidas na derivação da Equação 2.1.

No balanço hídrico considera-se que o armazenamento de água no solo varia entre o ponto de murcha e a capacidade de campo e que o excesso, ou seja, a quantidade de água acima da capacidade de campo do perfil de solo, resulta na drenagem profunda ou no escoamento superficial.

A capacidade efetiva de armazenamento de água no solo é definida como sendo a diferença entre o conteúdo de água retido no solo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Cassel e Nielsen (1986) utilizaram esse conceito baseando-se no fato de que a capacidade de campo não é uma constante, mas geralmente assume-se que ela corresponde a um potencial entre -10 kPa e -33 kPa. Assumiram, também, que o ponto de murcha permanente, o ponto no qual uma planta murcha e não se recupera mais, geralmente corresponde a um potencial de -1500 kPa.

Neste trabalho, para a obtenção da capacidade efetiva de armazenamento de água no solo, a qual foi feita a partir da estimativa da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, utilizou-se funções de pedo-transferência, cujos resultados serviram de base para o cálculo da variação temporal do estado da água no solo. A função de pedo-transferência (FPT) foi baseada na equação de retenção de van Genuchten, dada por:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \psi^n)^m]} \quad (2.2)$$

em que θ é o conteúdo volumétrico de água; θ_s é o conteúdo de água saturada; θ_r o conteúdo de água residual; ψ é o potencial matricial (kPa); α (kPa^{-1}), n e m são os parâmetros empíricos da equação, tendo van Genuchten assumido que $m = 1 - 1/n$ (van Genuchten, 1980).

Para relacionar cada parâmetro da Equação 2.2 com dados das propriedades básicas do solo, como textura, conteúdo de carbono orgânico, unidade equivalente e densidade global foram usadas técnicas de regressão linear múltipla, utilizando-se um polinômio de segunda ordem com coeficientes lineares.

Os dados das propriedades físicas dos solos tais como as classes de textura (percentual de areia, de silte e de argila), a profundidade dos horizontes, a quantidade de carbono orgânico, entre outras, para cada perfil dos solos do Brasil foram extraídos a partir de Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos solos do Brasil realizados pelo Projeto RADAMBRASIL e pela EMBRAPA.

A Figura 2.1 apresenta as regiões do Brasil e as localizações que dispõem de dados das propriedades básicas dos solos, obtidas a partir dos levantamentos do Projeto RADAMBRASIL e da EMBRAPA.



Fig.2.1: Localização dos dados das propriedades físicas dos solos no Brasil.

Cada ponto na Figura 2.1 indica a localização de um perfil de solo, o qual inclui a descrição dos atributos de solos.

Assim, a partir dos resultados da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, calculou-se a capacidade de água disponível (AWC), usando a seguinte equação:

$$AWC = \frac{(U_{cc} - U_{pmp}) \cdot z_r}{100} \quad (2.3)$$

sendo U_{cc} e U_{pmp} as umidades (a base de volume) na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, respectivamente, e z_r a profundidade radicular. A capacidade de água disponível para as plantas foi calculada para o primeiro metro de água no solo.

No cálculo da capacidade de água disponível, a profundidade máxima foi limitada em função do tipo de solo.

As informações meteorológicas consideradas no presente trabalho foram obtidas a partir de séries históricas de estações operadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Da ANEEL, do DAEE, do SIMEPAR e da SUDENE foram selecionados os dados de precipitação diária durante o período de 1970-1990 de todo o território nacional, do Estado de São Paulo, do Estado do Paraná e da região Nordeste do país, respectivamente.

Das informações meteorológicas oriundas do INMET, foram coletados dados climatológicos de perfis de vento e dados históricos de temperatura média mensal do ar, de umidade relativa do ar, de insolação total e de pressão atmosférica registrados nas Normais Climatológicas no período de 1961-1990 (Brasil, 1992). Destas, foram utilizados dados climáticos de 193 estações meteorológicas distribuídas pelas cinco regiões do território brasileiro, devido a compatibilização dos dados de vento com os dados de temperatura, de umidade relativa do ar, de insolação e de pressão atmosférica.

Os dados descritos acima serviram de base para o cálculo da evapotranspiração potencial, a qual foi estimada pela equação de Penman-Monteith.

As variáveis constantes da Equação (2.3) foram calculadas conforme metodologia sugerida por Smith (1991).

Os resultados foram corrigidos em função de diferentes classes de coberturas vegetais, utilizando-se o mapa de vegetação derivado de sensor AVHRR - "Advanced Very High Resolution Radiometer" (radiômetro de alta resolução a bordo do satélite de órbita polar da série NOAA - "National Oceanic and Atmospheric Administration"), classificados conforme os biomas definidos pelo modelo SiB.

Assim, para cada tipo de vegetação obteve-se os parâmetros de superfície tais como a altura da vegetação, o comprimento de rugosidade, a resistência máxima superficial e o albedo.

Na classificação dos biomas para o modelo SiB assume-se que muitos dos parâmetros superficiais, tais como o índice de área foliar e o comprimento de rugosidade, são invariantes com a estação do ano e, desse modo, podem ser descritos com uma resolução de tempo mensal. Assim, para simplificar, foram utilizados parâmetros superficiais médios mensais e não sazonais.

Contudo, a partir dos parâmetros superficiais, estimou-se a evapotranspiração potencial média mensal através da equação de Penman-Monteith (1965) para diferentes coberturas de vegetação dadas pelo modelo SiB.

Neste trabalho, para calcular o balanço hídrico, a evapotranspiração de referência foi transformada em evapotranspiração real conforme metodologia sugerida pela FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977), ou seja, considerando-se que a quantidade de água transpirada pela planta depende do armazenamento de água no solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação climatológica da umidade do solo média mensal para todo o território nacional foi feita durante o período de 1971-1990. Os resultados foram obtidos a partir da interpolação dos dados de precipitação e de evapotranspiração pelo método Krigging e visualizados no software GrADS (Grid Analysis and Display System), adotando-se uma de resolução de $0,25^\circ$.

O armazenamento climatológico médio mensal de água no solo obtido foi corrigido em função da capacidade de água disponível, obtendo-se assim resultados em percentual de armazenamento de água no solo.

A Figura 3.1 ilustra a média mensal climatológica do percentual de armazenamento de água no solo durante o período de 1971-1990, indicando quais regiões possuem maior (cores esverdeadas) ou menor (cores em tons marrons) umidade do solo.

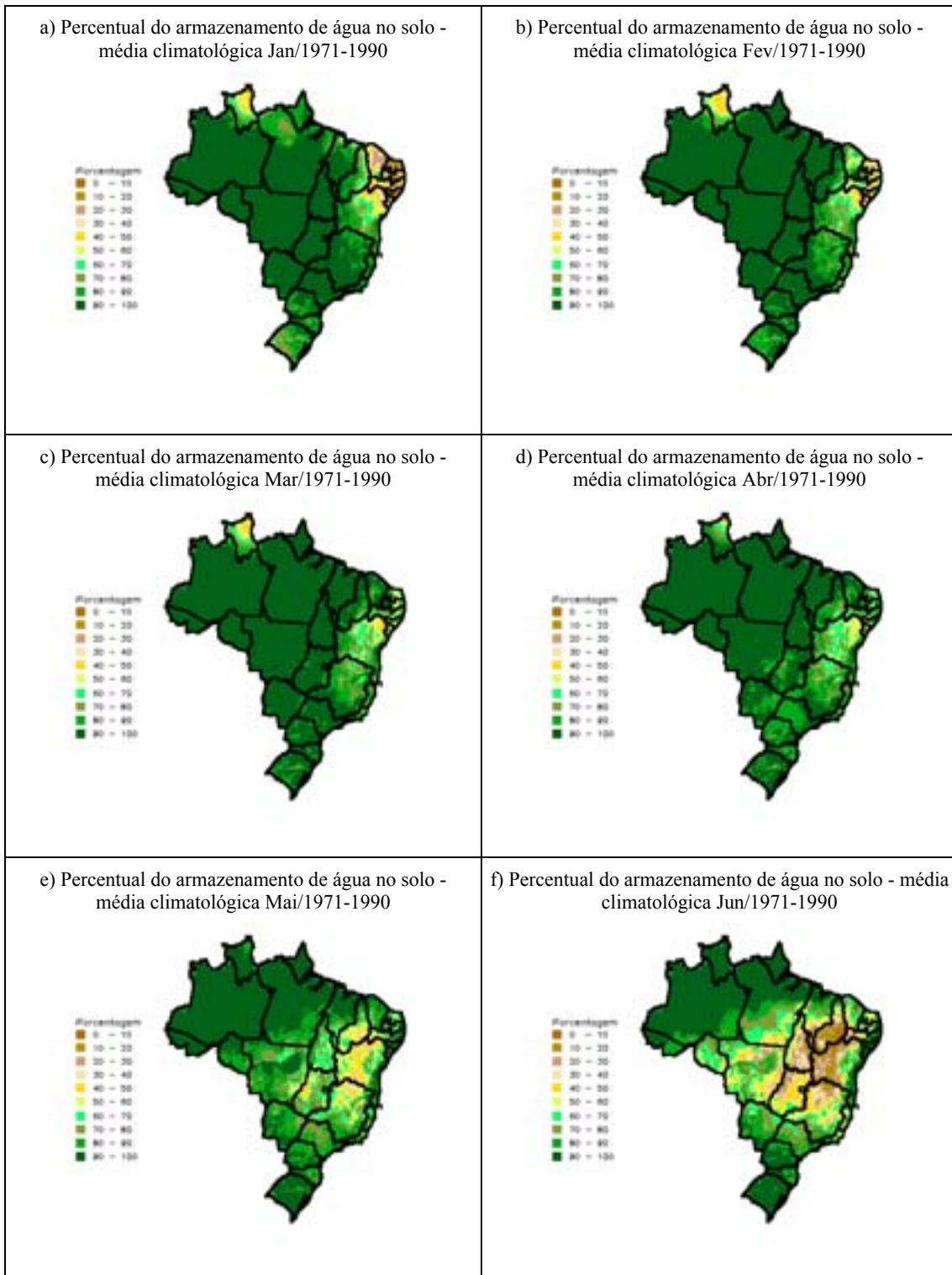


Figura 3.1: Média climatológica do percentual de armazenamento de água no solo para os meses de janeiro a dezembro de 1971-1990.

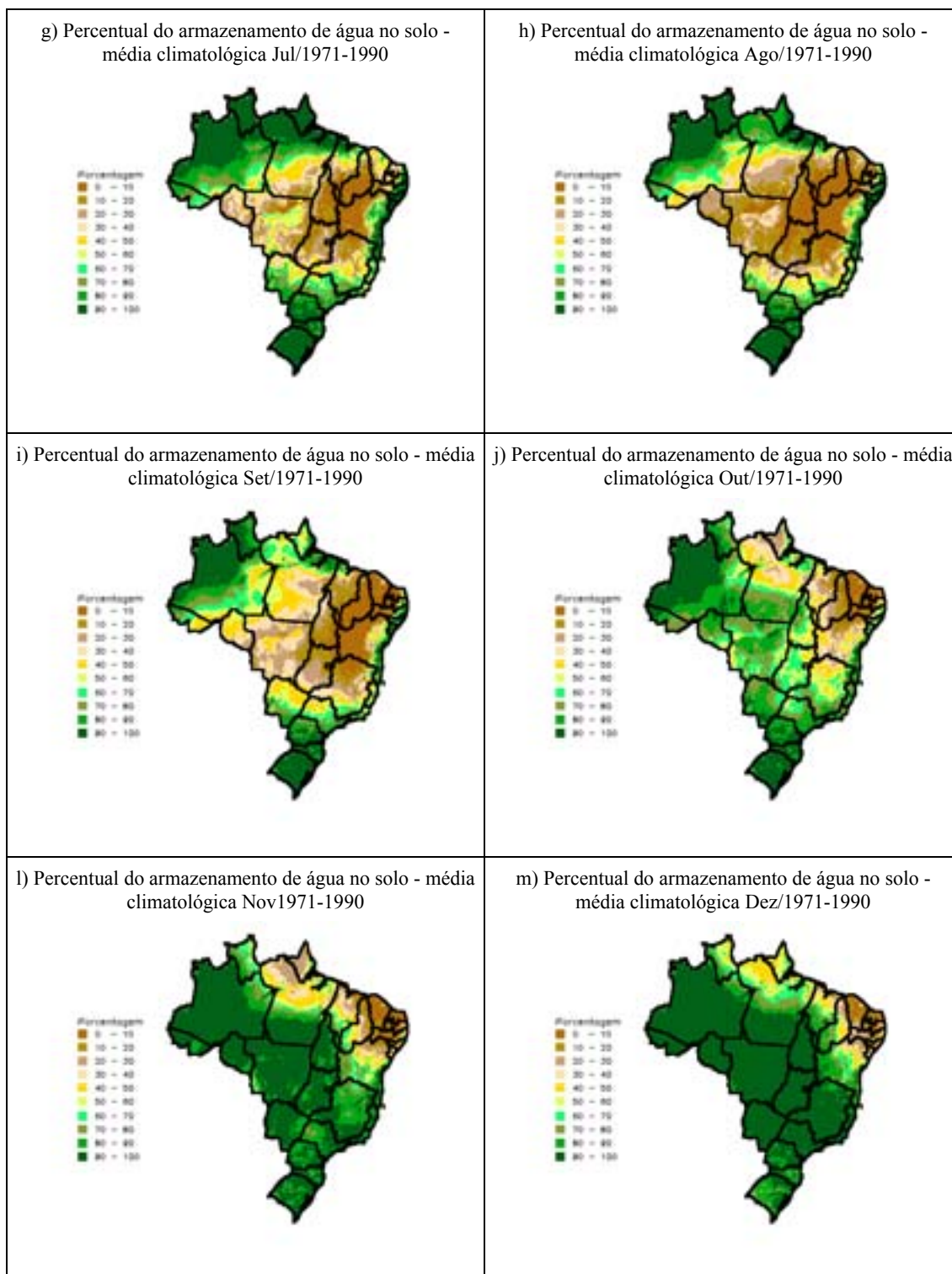


Figura 3.1: Continuação.

Através das figuras acima, verifica-se, nos meses de janeiro até abril, um aumento do percentual de água no solo em alguns Estados da região Nordeste. Esse aumento de água no solo ocorre devido ao período da estação chuvosa, que tem início em fevereiro e estende-se até o mês de maio. Durante este período, o principal sistema responsável pelas chuvas nesta sub-região é a zona de convergência inter-tropical (ZCIT). Nas demais regiões do País, a reserva de água no solo permaneceu acima de 70%. A partir de maio, observa-se uma diminuição no conteúdo de água no solo, principalmente nos Estados de Minas Gerais, Bahia e Piauí. No entanto, nota-se um aumento da reserva hídrica no solo no leste da região Nordeste (ou Zona da Mata), cujo aumento está associado ao período chuvoso que ocorre de abril a julho. As chuvas nesse período são ocasionadas principalmente pelos contrastes entre a temperatura do mar junto à costa e a temperatura do continente. De junho até setembro, devido ao

período de estiagem, a umidade no solo diminui em quase todas as regiões do Brasil, atingindo em algumas áreas índices inferiores a 10% (principalmente na região Nordeste), com exceção das regiões Norte e Sul que apresentam altos índices pluviométricos no decorrer do ano. Nos meses de outubro e novembro nota-se um aumento no percentual de armazenamento de água no solo em quase todo o território brasileiro, com exceção dos Estados do Amapá, Pará, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco que ainda apresentam baixo percentual de água no solo. No sul-sudoeste da região Nordeste verifica-se um aumento da umidade no solo a partir do mês de novembro, que estende-se até o mês de fevereiro. Esse período corresponde à estação chuvosa da região, sendo as chuvas ocasionadas principalmente pela passagem de frentes frias provenientes da região Sul do País ou, então, pelo aquecimento que ocorre durante o dia. Em dezembro, com o aumento da precipitação, o percentual varia entre 90 e 100% nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e parte da região Norte do País; entretanto, são encontrados índices entre 0 e 10% nos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, avaliou-se a média mensal climatológica da umidade do solo durante o período de 1971-1990. Os resultados permitiram avaliar quais regiões apresentaram condições favoráveis e desfavoráveis à reserva de água no solo. Através destes, constata-se que a variação do armazenamento de água no solo para todo o território brasileiro está diretamente associada ao regime pluviométrico de cada região. A média climatológica do percentual de armazenamento de água no solo para as regiões Norte (principalmente o extremo norte da região) e Sul, que apresentam altos índices pluviométricos, é alta durante o ano. Na região Nordeste o percentual de água no solo varia de acordo com o período da estação chuvosa em determinada sub-região, isto é, no norte da região o período que contém maior reserva de água no solo ocorre entre os meses de fevereiro e maio; no leste, de abril até julho; e, para o sul-sudoeste da região ocorre a partir do mês de novembro e estende-se até fevereiro. Finalmente, nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, o percentual de armazenamento de água no solo é baixo entre os meses de julho e setembro, o qual está associado ao período em que ocorre a diminuição da precipitação e aumento da evapotranspiração potencial em quase todo o País. Logo, conclui-se que a variação do conteúdo de água no solo, está relacionada com os diferentes sistemas sinóticos que atuam no Brasil em determinados períodos e regiões.

5. REFERÊNCIAS

- Brasil, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília:EMBRAPA/SPI, 1992. 84p.
- Cassel, D. K.; Nielsen, D. R. Field capacity and available water capacity. In: A. L. Page (ed), **Methods of soil analysis. Part 2**. Agron. Monog. 9. ASA and SSSA. Madison, WI. p. 901-926, 1986.
- Doorenbos, J.; Pruitt, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 2nd ed., Rome, 1977. 179p.
- Hillel, D. **Applications of soil physics**. New York: United Kingdom Edition, 1980. 385p.
- Smith, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization, 1991. 45p.
- van Genuchten, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.