

CHUVA SOB DOSSEL AO LONGO DE SUCESSÕES VEGETAIS: *CAP OEIRAS* DO NORDESTE DO PARÁ¹

Tatiana Deane de Abreu Sá², Alessandro Carioca de Araújo³, Maria Regina Freire Möller², Dirk Hölscher⁴, Therezinha Xavier Bastos²

RESUMO

É apresentada uma análise da variação da chuva sob dossel (CSD) durante 55 meses, em duas vegetações secundárias (*capoeiras*), respectivamente de 2,5 (A) e 10 (B) anos em pousio. O monitoramento foi realizado, em cada vegetação, mediante quinze coletores periodicamente realocados aleatoriamente. Os valores médios de CSD foram de, respectivamente, $69,7 \pm 0,99$ e $53,4 \pm 1,05\%$ da chuva bruta (CB), para as *capoeiras* A e B, considerando o período completo. No início do estudo, contudo, maior quantidade de chuva alcançava o solo via CSD na *capoeira* A ($78,5 \pm 2,85\%$) em comparação com a *capoeira* B ($35,8 \pm 2,19\%$), enquanto que no final, houve uma inversão de comportamento ($57,6 \pm 2,12$ em A e $67,7 \pm 1,51\%$ em B). Maior amplitude de variação em CSD foi observada em classes de baixa oferta de de CB.

INTRODUÇÃO

A vegetação secundária em pousio (*capoeira*) é uma componente relevante no cenário agrícola da Amazônia oriental, em particular no nordeste do Pará, onde a agricultura familiar vem sendo processada há mais de um século, no sistema de derruba-e-queima (Kanashiro & Denich, 1998). A compreensão do papel que esta vegetação, em diferentes momentos da sucessão, exerce sobre o balanço hídrico é, sem dúvida, relevante para, dentre outros, fornecer subsídios ao desenvolvimento e validação de modelos enfocando mudanças do uso da terra.

Até recentemente, não se tinha informação sobre a partição da água da chuva ao atravessar o dossel de *capoeiras* da Amazônia. Hölscher et al. (1998) reporta os resultados de pouco mais de um ano de monitoramento de componentes da partição da água da chuva em duas *capoeiras* contrastantes, em área de agricultor familiar, sendo uma com cerca de 2,5 anos e outra com cerca de 10 anos em pousio, e dominada pela espécie *Phenakospermumj guyannense*. O estudo visa

¹ Atividade componente do SHIFT (Studies on Human Impact on Forests and Floodplains in the Tropics), Acordo CNPq/ IBAMA/DLR, em execução na Embrapa Amazônia Oriental

² Pesquisadora, Embrapa Amazônia Oriental, Tv. Enéas Pinheiro s/n, 66095-100, Belém, PA E-mail: tatiana@cpatu.embrapa.br

³ Bolsista PIBIC/CNPq/FCAP, atualmente técnico da FUNBEL

⁴ Universidade de Kassel, Alemanha

complementar o que foi relatado por Hölscher et al. (1998), abordando a variação da contribuição da chuva sob dossel (CSD, ou *throughfall*), ao longo do processo de sucessão secundária.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de abril de 1992 a novembro de 1996 no município de Igarapé-Açu, PA (01°11.5'S, 47°35.8'W), em estabelecimento de pequeno produtor, que costuma cultivar o solo com culturas de subsistência (milho, feijão caupi e mandioca) por cerca de dois anos, deixando a *capoeira* se desenvolver, a partir do final da cultura da mandioca, por um período que vem decrescendo, em função do crescimento da pressão populacional na região.

A capoeira mais jovem (A) tinha cerca de 2,5 anos em pousio no início do estudo, enquanto que a outra (B), tinha cerca de 10 anos (Tabela 1). A *capoeira* A tinha então altura média de 130cm, e predominância da espécie *Lacistema pubescens* Huber (Lacistemataceae), enquanto que a *capoeira* B tinha altura média de 5m e era dominada pela Strelitziaceae *Phenakospermum guyannense* (L. C. Rich.).

O padrão de chuvas da região é caracterizado por alturas anuais em torno de 2500mm. A figura 1 mostra a distribuição diária da chuva ao longo do período de medidas.

Tabela 1. Tempo (anos) em pousio das capoeiras A e b ao longo do estudo.

	1992	1993	1994	1995	1996
Capoeira A	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
Capoeira B	10	11	12	13	14

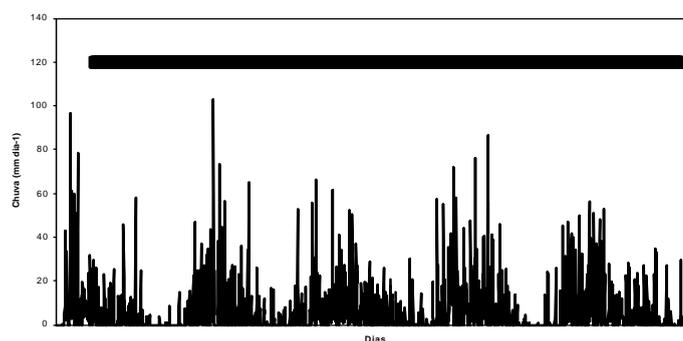


Figura 1. Totais diários de chuva em Igarapé-Açu, PA, nos anos de 1992 a 1996. O período de monitoramento de CSD está assinalado com uma barra horizontal. (Fonte: Laboratório de Climatologia Agrícola da Embrapa Amazônia Oriental).

Em cada área, CSD foi monitorada semanalmente, através quinze funis acoplados a garrafa e suporte. Os coletores foram instalados nas capoeiras a altura de 40cm, e foram realocados periodicamente de modo aleatório, em uma malha de 176 pontos, levando em conta o sugerido por Lloyd e Marques (1988).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a evolução da CSD ao longo do período de estudo, nas duas *capoeiras*, evidenciando as drásticas alterações que essas vegetações sofrem no processo de sucessão, e que levam a que a contribuição relativa da CSD à chuva que atinge o solo seja invertida ao final das observações (Tabela 2). Na *capoeira* A, a vegetação passou por um processo de redução de componentes herbáceos e aumento de espécies lenhosas, enquanto que na *capoeira* B, o fato que mais determinou as alterações representadas na Figura 2 e Tabela 2, refere-se à redução na densidade da espécie *P. guyannense*, que ocorreu notadamente a partir de 1994, ocasião em que muitos indivíduos iniciaram a secar, o que foi agravado pela ocorrência de um evento de fortes ventos, que provocou o tombamento de vários indivíduos desta espécie, favorecendo em seguida o aparecimento de diversas espécies herbáceas e arbustivas.

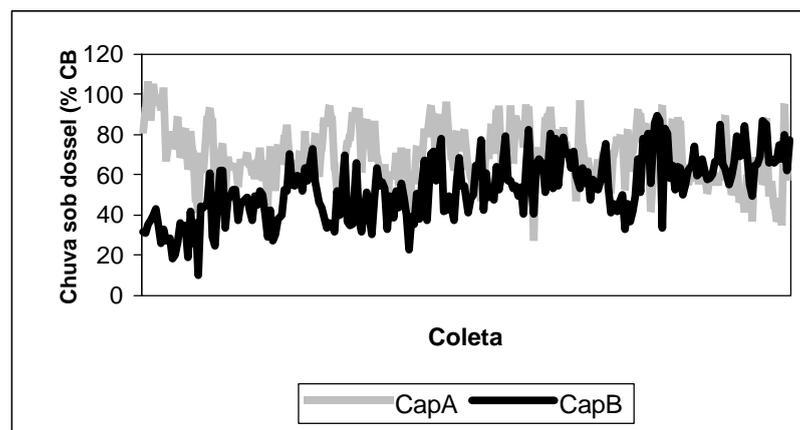


Figura 2. Variação do percentual de CSD em relação a CB observada nas capoeiras A e B, em Igarapé-Açu, PA, no período de abril de 1992 a novembro de 1996.

Tabela 2. Valores médios \pm erro padrão da média, do percentual de CSD em relação a CB, nos cinco anos de estudo.

Capoeira	1992	1993	1994	1995	1996
A	78,5 \pm 2,85	67,1 \pm 1,37	74,7 \pm 1,89	69,0 \pm 2,03	57,6 \pm 2,12
B	35,8 \pm 2,19	46,3 \pm 1,27	57,6 \pm 1,64	59,4 \pm 2,20	67,7 \pm 1,51

Ainda que não tenha sido detectada relação significativa entre CB e CSD, observou-se uma tendência de maior variabilidade nos valores de CSD em faixas mais baixas de CB (Figura 3).

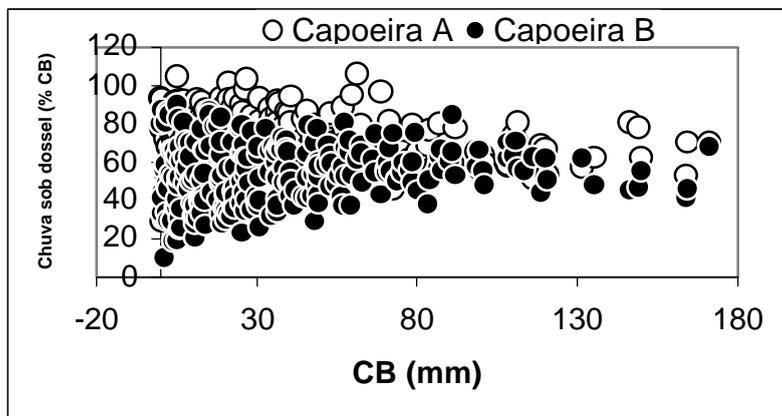


Figura 3. Relação entre valores médios de CB e CSD, nas capoeiras A e B.

CONCLUSÃO

As alterações florísticas que ocorrem no processo de sucessão natural em capoeiras oriundas de ocupação com a tradicional prática da agricultura de derruba e queima no nordeste do Pará, determinam drásticas mudanças na contribuição relativa da CSD à água da chuva que atinge o solo, com potenciais implicações no balanço de água desses ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

A equipe agradece ao Sr. Antônio Carlos de Melo Ferreira, produtor rural, dono do lote em que a pesquisa foi desenvolvida, pelo elevado senso de cooperação e pela seriedade com que atuou na coleta de dados da estação meteorológica. Agradecimento sinceros vão também a Reginaldo Ramos Frazão, técnico do Laboratório de Climatologia Agrícola da Embrapa Amazônia Oriental, pela constante supervisão das observações meteorológicas, e pela coleta das amostras de chuva nas capoeiras, no que foi auxiliado, na fase inicial, pelo bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPq/FCAP Edmilson de Almeida.

BIBLIOGRAFIA

HÖLSCHER, D., SÁ, T. D. de A., MÖLLER, M. R. F., DENICH, M., FÖLSTER, H.

Rainfall partitioning and related hydrochemical fluxes in a diverse and in a mono specific (*Phenakospermum guyannense*) secondary vegetation stand in eastern Amazonia. *Oecologia*, 114: 251-257, 1998.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. Estudos dos impactos humanos nas florestas e áreas

inundadas nos trópicos- SHIFT. Brasília, MCT/CNPq, 1998. 157p.

LLOYD, C. R., MARQUES FILHO, A. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. *Agric. For. Meteorol.*, 42: 63-73. 1988.

CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA DOS INDICES TÉRMICOS DO MODELO DE THORNTHWAITE PARA O BRASIL

Marcelo Cid AMORIM¹, Javier TOMASELLA², Luciana ROSSATO³

RESUMO

Utilizando-se de dados de temperatura média mensal do ar registrado nas Normais Climatológicas do Brasil (1961–1990), a um Sistema de Informação Geográfica foi possível classificar e espacializar climatologicamente em mapas os índices térmicos “*I* e *a*” do modelo original de Thornthwaite para todo território brasileiro, simplificando o uso do deste modelo na estimativa da evapotranspiração potencial. Nos mapas podem se observar que estes índices (*I* e *a*) apresentam valores mais altos nas regiões de maior temperatura e menores valores nas regiões mais frias, respectivamente.

Palavras-Chave: Sistema de Informação Geográfica, Thornthwaite, Evapotranspiração.

INTRODUÇÃO

O interesse dos povos pelo conhecimento da taxa de evaporação (E) e, ou, evapotranspiração (ET) vem de períodos remotos. BRUTSAERT (1982) faz referência aos antigos gregos, no período romano e na Idade Média. Entretanto, é consenso entre os pesquisadores de que se deu um importante passo, com o surgimento dos modelos matemáticos, para estimar os processos de evaporação e evapotranspiração.

Warren Thornthwaite, em 1948, propôs um modelo simples para estimar a evapotranspiração potencial (ET_p), baseado em dados de temperatura média do ar e do fotoperíodo de áreas secas dos Estados Unidos. Este modelo apresenta fortes aplicações geográficas, sendo de grande valor prático na estimativa da evapotranspiração em áreas onde não há disponibilidade de outros dados além dos de temperatura. Sua maior utilização, contudo, é para estimativa do balanço hídrico, cujos resultados têm sido largamente usados, como parâmetros, para estabelecer comparações entre

¹ Agrometeorologista, MSc, bolsista MCT/CNPq/RHAE/PMCTRH. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Rodovia Presidente Dutra, km 40, CEP: 12630-000, Cachoeira Paulista/SP, Brasil. Fone: +55 (12) 560-8518 e FAX: +55 (12) 561-2835. E-mail: amorim@cptec.inpe.br.

² Recursos Hídricos, DSc, Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Fone: +55 (12) 560-8461 e FAX: +55 (12) 561-2835. E-mail: javier@cptec.inpe.br

³ Estudante de pós-graduação em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Fone: +55 (12) 560-8518 e FAX: +55 (12) 561-2835. E-mail: rossato@cptec.inpe.br.

condições climáticas reinantes em áreas distintas, com vistas à realização de zoneamento agroclimático. Do ponto de vista da climatologia agrícola, o modelo de Thornthwaite associado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) vem a ser uma poderosa ferramenta para os estudos do balanço hídrico e da evapotranspiração regional de extensas áreas.

Um dos grandes problemas com que se defrontam os técnicos de irrigação e drenagem, ou aqueles que trabalham com as interações solo-água-plantas-atmosfera, é a contabilização da água perdida por evaporação no balanço hídrico do solo. A taxa de água perdida pela superfície, por evaporação (E) e, ou, transpiração (T), é de grande importância na determinação das necessidades hídricas dos cultivos agrícolas de qualquer região. Dessa forma, é possível fazer um monitoramento eficiente dos recursos hídricos e gerar parâmetros que tornem o manejo agrícola uma atividade lucrativa e ecologicamente viável.

Assim, o objetivo deste trabalho é espacializar e regionalizar os índices térmicos “ I e a ” do modelo original de Thornthwaite para todo território brasileiro. Para isto, foram utilizadas séries históricas dos dados de temperatura média do ar registrados nas Normais Climatológicas, provenientes das estações meteorológicas do INMET/MA distribuídas no Brasil, associando estes dados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, foram utilizados dados históricos de temperatura média mensal do ar registrados nas NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 – 1990), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET/MA). Nesta publicação (BRASIL, 1992), são encontradas aproximadamente 206 estações meteorológicas espalhadas pelas cinco grandes regiões da federação brasileira (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste), situadas em todas as Unidades Federais (Figura 1).

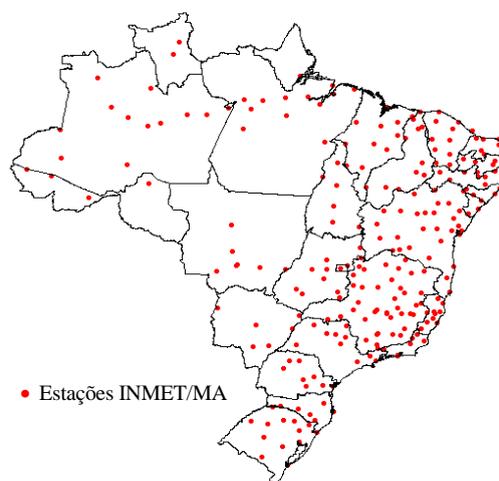


Figura 1 - Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET/MA em todo o território nacional (dados parciais)

Para determinar a evapotranspiração potencial de cada mês ($j = 1, 2, 3, \dots, 12$), foi utilizado o modelo de THORNTHWAITE (1948), apresentando a seguinte notação matemática

$$ET_p = E_j \cdot C_j \quad (1)$$

em que

- ET_p - evapotranspiração potencial acumulada, mm/mês;
- E_j - evapotranspiração potencial não ajustada, mm/mês; e
- C_j - fator de correção que leva em consideração o fotoperíodo médio e o número de dias do mês em questão.

EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL NÃO-AJUSTADA, E_j

E_j representa a evapotranspiração estimada para um mês-padrão de 30 dias e com duração do período diurno de 12 horas. Quando o valor médio da temperatura do ar for inferior a $26,5^\circ\text{C}$ ($t_j < 26,5^\circ\text{C}$), THORNTHWAITE (1948) propôs estimar E_j usando o seguinte modelo

$$E_j = 16 \left(10 \frac{t_j}{I} \right)^a \quad (2)$$

em que

- t_j - temperatura média mensal, $^\circ\text{C}$
- I - índice térmico anual, dado por

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{t_j}{5} \right)^{1,514} \quad (3)$$

a - função do I , determinada por

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (4)$$

FATOR DE CORREÇÃO C_j

O fator de correção C_j leva em consideração o fotoperíodo médio e a latitude do local, bem como o número de dias do mês em estudo. A importância desse coeficiente no cálculo da ET_p foi descrita por VAREJÃO e REIS (1990) e VIANELLO e ALVES (1991). Esta correção é dada pela seguinte equação

$$C_j = \frac{N_j}{12 \cdot D_j} \quad (5)$$

em que

D_j - número de dias do mês j (em janeiro, $D_1= 31$; em fevereiro, $D_2= 28$; ...etc); e

N_j - fotoperíodo do dia 15, considerado representativo da média desse mês.

$$N_j = 2 \cdot \frac{[\text{arc. cos}(- \text{tg}\Phi \cdot \text{tg}\delta + 0,83)]}{15} \quad (6)$$

sendo Φ a latitude (negativa para hemisfério sul) do local e δ a declinação do sol estimada pela equação proposta por KLEIN (1977)

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \text{sen} \left[360^\circ \cdot \left(\frac{284 + D_j}{365} \right) \right] \quad (7)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 2 e 3, referem-se aos mapas da classificação climática dos índices térmicos “ a e I ” do modelo original de Thornthwaite para o Brasil. A climatologia desta informação é de extrema importância, pois, o Brasil é uma país de vasta extensão territorial (8.511.965 km²) onde várias localidades e até regiões não apresentam dados consistentes de temperatura média do ar. Com este tipo classificação pesquisadores, extensionistas, técnicos ou qualquer pessoa que tenha interesse no planejamento agrícola poderá calcular a evapotranspiração potencial utilizando o modelo Thornthwaite, bastando conhecer apenas a temperatura do período a ser avaliado. Sendo importante lembrar que o modelo de Thornthwaite pela sua simplicidade é recomendado para efetuar cálculos de ETp para período mensal e, ou sazonal.

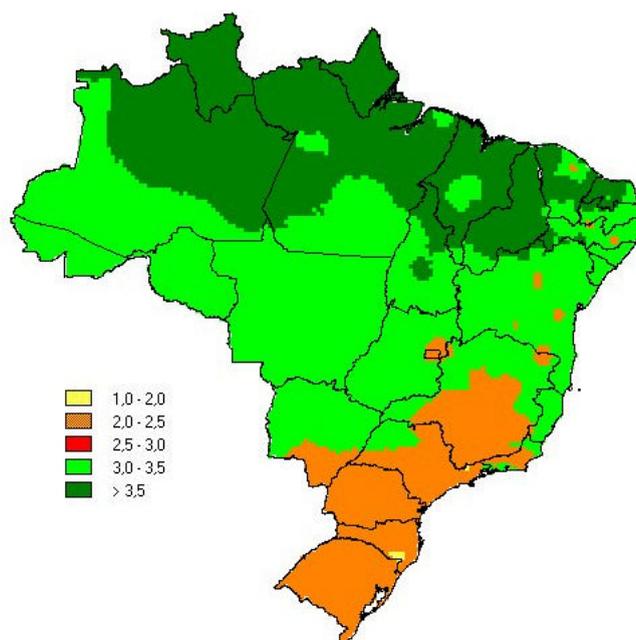


Figura 2. Classificação climatológica do índice “a” do modelo de Thornthwaite para o Brasil.

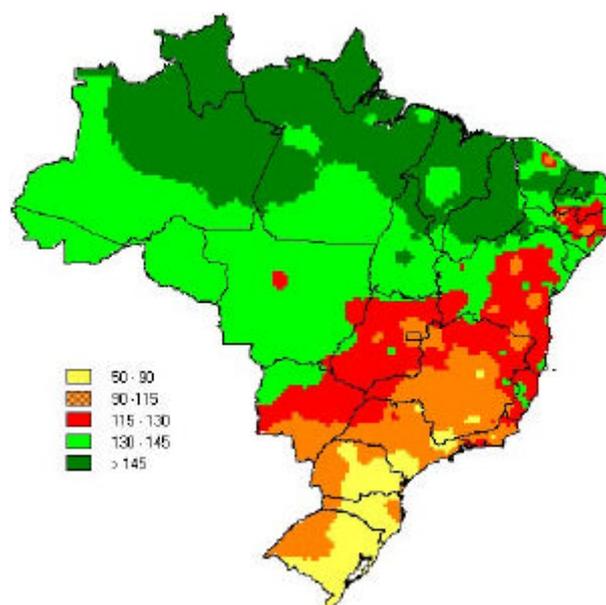


Figura 3. Classificação climatológica do índice “I” do modelo de Thornthwaite para o Brasil.

Os Quadros 1 e 2, referem-se a integração das áreas e as características geográficas das classes dos índices em estudo. Como se pode observar as regiões que comumente registram temperaturas elevadas, tais como: as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, os índices foram de maiores valores, ou seja, valores superiores a 2,5 para o índice *a* e 130 para o índice *I*, respectivamente.

Quadro 1. Características geográficas do índice “a” do modelo de Thornthwaite para o Brasil.

Legenda	Regiões	Intervalo	Área (km ²)	%
Amarelo (claro)	Sul (microregião – RS/ PR)	1,0 - 2,0	6.871	0,1
Amarelo (escuro)	Sul/Sudeste. Microregiões espalhadas pelo Nordeste e Centro-Oeste BA/PE/CE e DF/MS.	2,0 - 2,5	1.223.358	14,4
Vermelho	-	2,5 – 3,0	0	0,0
Verde (claro)	Norte/Nordeste/Sudeste	3,0 - 3,5	4.400.176	51,7
Verde (escuro)	Norte/Nordeste	> 3,5	2.881.560	33,8
			8.511.965	100

Quadro 2. Características geográficas do índice “I” do modelo de Thornthwaite para o Brasil.

Legenda	Regiões	Intervalo	Área (km ²)	%
Amarelo (claro)	Sul/Sudeste (microregiões em SP/MG/RJ)	50 – 90	414.198	4,9
Amarelo (escuro)	Sul/Sudeste/Centro-Oeste (DF/MS). Microregiões espalhadas pelo Nordeste BA/PE/CE.	90 – 115	948.361	11,1
Vermelho	Sudeste/Centro Oeste/Nordeste (microregiões).	115 – 130	1.147.430	13,5
Verde (claro)	Norte/Nordeste/Centro Oeste/Sudeste (microregiões)	130 – 145	3.314.589	38,9
Verde (escuro)	Norte/Norte/ Centro Oeste (microregiões – TO)	> 145	2.687.387	31,6
			8.511.965	100

CONCLUSÃO

A partir dos dados de temperatura média do ar mensal registrados nas Normais Climatológica do Brasil, produziu-se mapas simples e representativo dos índices térmicos do modelo de Thornthwaite. Estas informações, apresentam um alto valor prático para determinação da evapotranspiração potencial pelo modelo de Thornthwaite para todo Brasil, suprimindo a ausência de informações para determinados locais e regiões que não apresentam registros consistente de dados de temperatura média do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas** (1961 – 1990). Brasília : EMBRAPA/SPI, 1992. 84p.
- BRUTSAERT, W. H. **Evaporation into the atmosphere**. Dordrecht, Holland: D. Reidel, 1982. 299p.
- KLEIN, S. A. Calculation of monthly average insolation on titled surfaces. **Solar Energy**, v.19. p.325-329, 1977.
- THORNTHWAITE, W. C. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38. p.55-94, 1948.
- VAREJÃO-SILVA, M. A., REIS, A. C. S. **Meteorologia**. Recife (PE), 1990. 461 p. (no prelo)
- VIANELLO, R. L., ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 449p.