

## ZONEAMENTO DE RISCOS CLIMÁTICOS PARA A CULTURA DO GERGELIM NO ESTADO DO CEARÁ COM TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

M. T. SILVA<sup>1</sup> - madson\_tavares@hotmail.com (UFCEG);  
J. A. B. AMARAL<sup>2</sup> - (Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE);  
S. C. F. FUCK Jr.<sup>3</sup> - (Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE);  
G. C. FARIAS<sup>4</sup> - (UFC, EMBRAPA);  
L. F. ARAÚJO<sup>5</sup> - (UFC, EMBRAPA);

4º Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

(IV GeoNordeste)  
CPATC:  
Resumo

**RESUMO:** O gergelim (*Sesamum indicum* L.), resistente à seca e apto para o cultivo em zonas áridas e semi-áridas, é um alimento de alto valor nutricional, rico em óleo e proteínas, características que o transformam em excelente opção de diversificação agrícola para o Nordeste brasileiro, tendo grande potencial econômico nos mercados nacional e internacional. O objetivo deste trabalho foi identificar, através de técnicas de geoprocessamento, as áreas do Estado do Ceará com aptidão para a exploração dessa oleaginosa e estabelecer suas respectivas épocas adequadas de plantio. Para tanto, foram observadas as condições edafoclimáticas, quanto à quantidade de água no solo e à precipitação pluvial, sendo o período chuvoso considerado suficiente para as necessidades hídricas da cultura e as características da planta, no que diz respeito ao ciclo médio da cultura do gergelim (em torno de 90 a 100 dias e estágio vegetativo em média de 50 dias), bem como o período crítico de carência de água no solo e a colheita no período de estiagem. Identificou-se, entre os 184 municípios do Estado do Ceará, a existência de 136 municípios aptos para o cultivo do gergelim, com épocas ideais de plantio variando de janeiro a fevereiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Sesamum indicum* L., condições edafoclimáticas, sistemas de informações geográficas.

### ZONING OF CLIMATIC RISKS FOR THE CULTURE OF THE SESAME IN THE STATE OF THE CEARÁ (BRAZIL) WITH GEOPROCESSING (GIS) TECHNIQUES

**ABSTRACT:** The sesame (*Sesamum indicum* L.), resistant to dries and apt for the culture in barren and half-barren zones, is a food of high nutritional, rich value in oil and proteins, characteristics transform that it into excellent option of agricultural diversification for the Brazilian Northeast, having great economic potential in the markets national and international. The objective of this work was to

<sup>1</sup> Graduando Meteorologia, UFCEG, ex-Estagiário da Embrapa Algodão, Campina Grande-PB, madson\_tavares@hotmail.com

<sup>2</sup> Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE

<sup>3</sup> Geógrafo, Me., Analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE

<sup>4</sup> Graduando Agronomia, UFC, Estagiário da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE

<sup>5</sup> Graduanda Agronomia, UFC, Estagiária da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE

Tema: Geotecnologias e  
meio Ambiente

identify, through geoprocessing (GIS) techniques, the areas of the State of the Ceará with aptitude for the exploration of this oilseeds and to establish its respective adequate times of plantation. For in such a way, the soil type and the local climatic conditions had been observed, how much to the amount of water in the ground and to the pluvial precipitation, being the enough rainy period considered for the water necessities of the culture and the characteristics of the plant, in what it says respect to the average cycle of the culture of the sesame (around 90 the 100 days and vegetative period of training on average of 50 days), as well as the critical period of water lack in the ground and the harvest in the dry season. It was identified, enters the 184 cities of the State of the Ceará, the existence of 136 apt cities for the culture of the sesame, with ideal times of plantation between January and February.

**WORD-KEY:** *Sesamum indicum L.*, local climatic conditions, systems of geographic information.

**INTRODUÇÃO:** O gergelim (*Sesamum indicum L.*), da família *Pedaliácea*, é uma das plantas oleaginosas mais antigas utilizadas pela humanidade. Considera-se a África o continente de origem. No Brasil, foi introduzido no século XVI pelos portugueses, e tradicionalmente plantado para consumo local. É um alimento de alto valor nutricional, rico em óleo e proteínas. Além dos fins alimentares, seus grãos encontram diversas aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética e óleo-química, tendo grande potencial econômico nos mercados nacional e internacional.

Atualmente, o gergelim é cultivado em cerca de 71 países. A produção mundial é estimada em 3,16 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 481,40 kg/ha. O Brasil é um pequeno produtor, com 15 mil toneladas produzidas em 25 mil hectares, e com um rendimento em torno de 600 kg/ha (FAO, 2005).

O cultivo prospera em regiões de alta temperatura, baixa altitude e iluminação solar abundante. O Estado do Ceará está situado no Nordeste setentrional, cuja proximidade com a linha do Equador garante uma grande incidência de luz solar, quase perpendicularmente, durante praticamente todos os dias do ano. Com ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas de clima quente, o gergelim tem bom nível de resistência à seca, apto para o cultivo em zonas áridas e semi-áridas (WEISS, 1983), e é fácil de ser cultivado, sendo uma excelente opção para pequenos e médios produtores cearenses.

Vários estudos mostram que a definição das épocas de plantio por meio do balanço hídrico do solo para as mais variadas culturas de sequeiro pode contribuir para diminuir os riscos climáticos causados pela diminuição da quantidade de água no solo (STEINMETZ *et al.*, 1985; SILVA *et al.*, 1995). A regionalização dos elementos agroclimáticos que definem a produtividade das culturas, como precipitação pluvial, evapotranspiração potencial, entre outros, exige uma análise mais abrangente, tanto no tempo quanto no espaço.

A criação de um banco de dados, com uso de Geoprocessamento (Sistemas de Informações Geográficas) e diagnósticos da região, assim como a confecção de mapas, armazenamento de dados existentes, formação de técnicos especializados e produção de manuais de aplicação dessa tecnologia

aumentam significativamente a informação aos produtores na busca pelo aumento da produtividade e diminuição das perdas. Desse modo, com este trabalho, pretende-se identificar, por intermédio de simulações de balanço hídrico, os riscos climáticos do cultivo do gergelim em sequeiro no Estado do Ceará.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** A definição do risco climático e da época de plantio foi realizada por intermédio de um modelo de balanço hídrico da cultura do gergelim, realizado em duas partes. Na primeira, objetivou-se a determinação do balanço hídrico, por intermédio da simulação da época de semeadura, utilizando-se o Sistema de Análise Regional dos Riscos Agroclimáticos: *software* SARRAZON (BARON *et al.*, 1996); em seguida, os resultados da simulação foram espacializados pela utilização do *software* SPRING, versão 4.2 (CÂMARA *et al.*, 1996), demonstrados em figuras de mapas através do *software* SURFER, versão 7.0 (Golden Software, Inc., 1999).

#### **VARIÁVEIS DE ENTRADA DO MODELO**

- **PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DIÁRIA:** Dados registrados durante 25 anos (no mínimo) em estações pluviométricas disponíveis no Estado do Ceará. Os dados de precipitação utilizados se originam do Banco de Dados Hidrometeorológicos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), publicados na série “Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste: Ceará” (SUDENE, 1990).
- **EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ET<sub>r</sub>):** O modelo estima a evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) por uma equação de terceiro grau, proposta por EAGLEMAN (1971), que descreve a evolução da ET<sub>r</sub>, em função da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) e da umidade do solo (HR).
- **EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA (ET<sub>m</sub>):** Foi estimada pela equação  $ET_m = ET_p \times K_c$ , conforme DOORENBOS e KASSAM (1994), onde:  
ET<sub>p</sub> – evapotranspiração potencial (mm dia<sup>-1</sup>); K<sub>c</sub> – coeficiente da cultura.
- **COEFICIENTES DECENDIAIS DO CULTIVO (K<sub>c</sub>):** Corresponde à relação entre a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>); os K<sub>c</sub>'s são determinados por médias decendiais para cada fase e gerados pela interpolação dos dados para o período semanal e para as fases fenológicas definidas por DOORENBOS e KASSAM (1994).
- **EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL:** Foi estimada pela equação de PENMAN (1963) e calculada para cada dez dias do ano, gerando 36 dados de evapotranspiração.
- **CULTIVAR:** A cultivar utilizada foi a CNPA-G4, com ciclo de 90 a 100 dias. Apresenta haste de cor verde, ausência de pêlos nas folhas e nas hastes, crescimento ramificado, sementes de cor creme, predominantemente um fruto por axila foliar, teor de óleo da semente entre 48 e 50%, e 1000 sementes pesam em média de 2 a 4 gramas (EMBRAPA ALGODÃO, 2000).

- **CAPACIDADE DE ÁGUA DISPONÍVEL (CAD):** Determinou-se a CAD a partir da curva de retenção de água, densidade do solo e profundidade do perfil (REICHARDT, 1987):

- Solos de tipo 2 (textura média): média capacidade de armazenamento de água (CAD = 30 mm);
- Solos de tipo 3 (textura argilosa): alta capacidade de armazenamento de água (CAD = 40 mm).

#### **VARIÁVEIS DE SAÍDA DO MODELO**

- **ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA PARA A CULTURA (ISNA):**

Definido como a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração máxima ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ) ao longo do ciclo, para um determinado ano, numa certa data, num tipo de solo, para a oleaginosa de ciclo médio. Como o ciclo da cultura está dividido em quatro fases fenológicas e a fase de enchimento dos grãos é o período mais determinante da produtividade final, estima-se o valor do ISNA nesta fase. Em seguida, passa-se então para o ano dois, data um, solo um, ciclo médio, e assim sucessivamente, até o último ano. A partir deste cálculo, estabelece-se a função de frequência do ISNA e seleciona-se a data onde o valor calculado é maior ou igual ao critério de risco adotado ( $ISNA > 0,45$ ), em 80 % dos casos. Posteriormente, os ISNA's foram espacializados. Para a caracterização do risco climático obtido ao longo dos períodos de simulações, foram estabelecidas três classes de ISNA, conforme STEINMETZ *et al.* (1985):

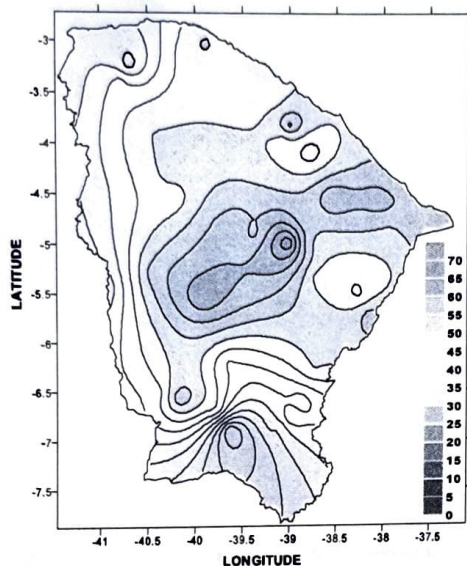
- $ISNA > 0,45$  – baixo risco climático para cultura do gergelim de sequeiro;
- $0,35 \leq ISNA \leq 0,45$  – risco climático médio para cultura do gergelim de sequeiro;
- $ISNA < 0,35$  – alto risco climático para cultura do gergelim de sequeiro.

Para a espacialização dos resultados, foram adotados os seguintes procedimentos: digitação de arquivo de pontos (em formato ASCII), organizados em três colunas, com latitude, longitude e valores de relação ISNA com 80% de frequência de ocorrência; transformação das coordenadas geográficas em coordenadas de projeção cartográficas utilizadas (no caso, projeção policônica); leitura do arquivo de pontos; organização das amostras; geração de uma grade regular (grade retangular, regularmente espaçada de pontos, em que o valor da cota de cada ponto é estimado a partir da interpolação de um número de vizinhos mais próximos); e, por último, a articulação com a malha municipal estadual<sup>6</sup>, onde foram considerados aptos ao plantio (nas datas indicadas) os municípios com mais de 20% do território com condições edafoclimáticas favoráveis e mais de 60% com condições intermediárias, concomitantemente. Por se tratar de uma análise bidimensional, na qual as variações de ISNA foram espacializadas em função do tempo, desconsiderando-se os efeitos orográficos, o interpolador escolhido foi aquele que mais se aproximou de um resultado linear.

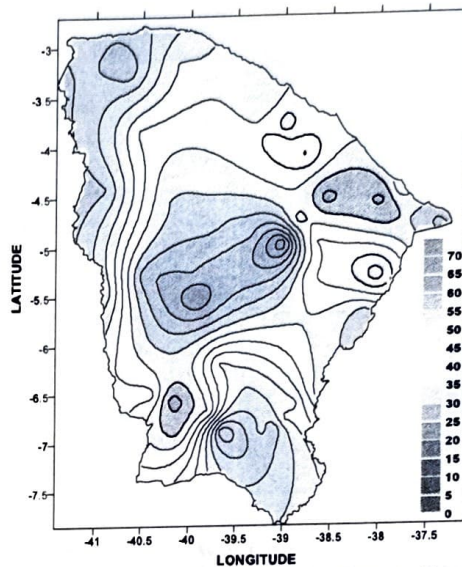
---

<sup>6</sup> Optou-se, neste trabalho, por mostrar apenas o território estadual como um todo (sem a malha municipal), visando facilitar a visualização das espacializações.

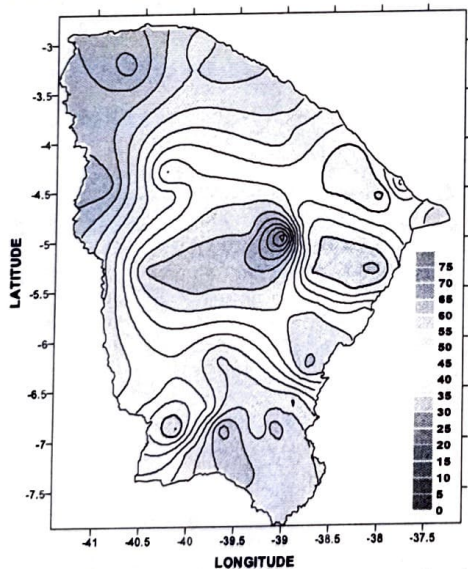
**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Nas Figuras 1 e 2 (abaixo), que se referem ao mapa do Ceará com plantio de gergelim no início de dezembro, observa-se que a maior parte do Estado apresenta condição de médio a alto risco climático, devido, principalmente, ao baixo índice pluviométrico característico da região nessa época.



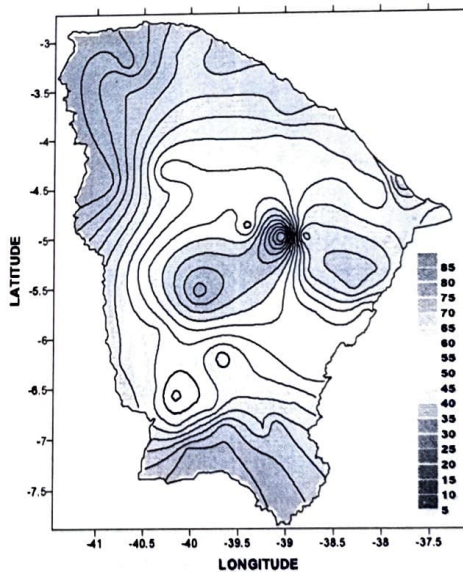
**Figura 1 -** Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 05 de dezembro



**Figura 2 -** Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 15 de dezembro



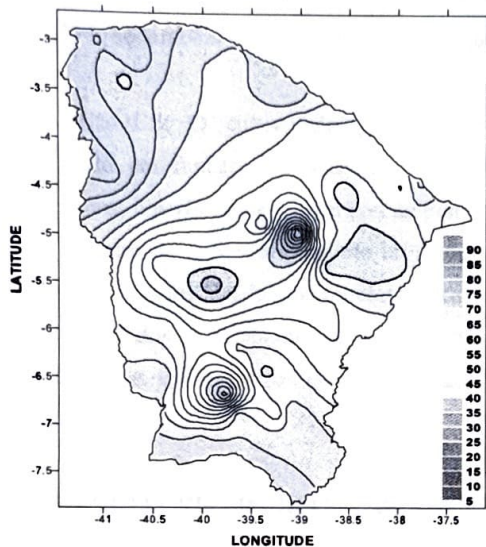
**Figura 3 -** Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 25 de dezembro



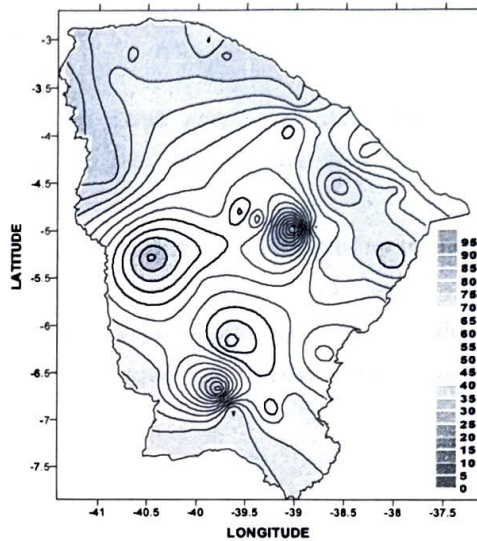
**Figura 4 -** Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 05 de janeiro

A partir do plantio no final de dezembro (Figura 3, acima), já diminuiu consideravelmente o risco climático para a cultura em boa parte do Estado. No vale do rio Jaguaribe, por exemplo, onde está localizado, dentre outros, o município de Morada Nova (Lat. 05° 06' S, Long. 38° 22' W), o risco climático é baixo (até meados de fevereiro).

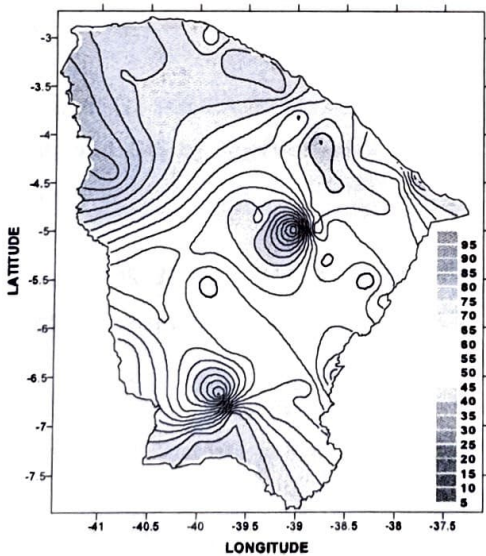
Para o plantio em meados de janeiro (Figuras 5 e 6, abaixo), as situações de risco climático ficam menos comprometidas, apresentando maior número de regiões com baixo risco climático (comparativamente aos demais períodos).



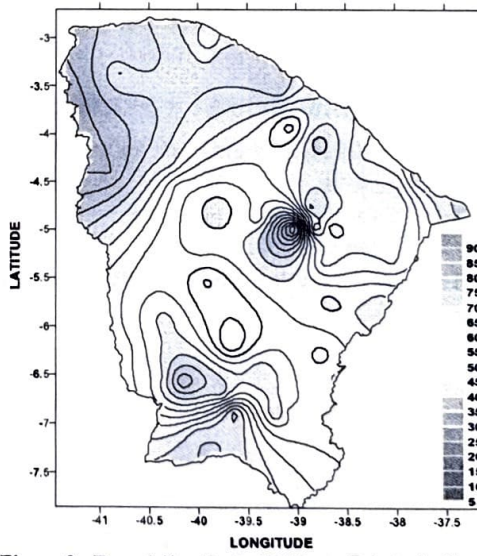
**Figura 5 - Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 15 de janeiro**



**Figura 6 - Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 25 de janeiro**



**Figura 7 - Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 05 de fevereiro**



**Figura 8 - Espacialização do ISNA, no Estado do Ceará, para plantio do gergelim de sequeiro em 15 de fevereiro**

Para a região centro-norte do Estado, onde localiza-se, dentre outros, o município de Santa Quitéria (Lat. 04° 19' S, Long. 40° 09' W), o plantio até 05/01 (Figura 4, acima) apresenta condições de médio risco climático. Logo após alguns dias, no entanto, para plantio a partir de 15/01 (Figura 5, acima), as condições são de baixo risco climático. Portanto, observa-se que, em algumas regiões do Estado do Ceará, ocorre grande variabilidade na distribuição pluvial (no espaço e no tempo).

Para o litoral norte do Estado, onde situa-se, dentre outros, o município de Camocim (Lat. 02° 54' S, Long. 40° 50' W), as Figuras 3 a 8 (acima) retratam o baixo risco climático da região para o plantio a partir do final de dezembro, pelo fato da proximidade com a umidade trazida pelo oceano Atlântico, fazendo com que o índice pluviométrico de leste a oeste tenha pequena variação ao longo do período analisado (que também conta com o início de atuação da ZCIT<sup>7</sup>).

**CONCLUSÕES:** O cultivo do gergelim no Estado do Ceará apresentou risco climático diferenciado em função da época de plantio e do tipo de solo. Para os dois tipos de solos considerados, o período mais favorável ao plantio é na segunda quinzena de janeiro.

As ferramentas de geoprocessamento utilizadas neste trabalho mostraram-se eficientes no tratamento dos dados utilizados, desde a manipulação dos dados brutos de chuvas e características dos solos até a identificação dos 136 municípios no Estado do Ceará que satisfazem todas as necessidades edafoclimáticas e fenológicas para a cultura do gergelim em sequeiro (cuja relação não é objetivo deste trabalho).

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARON, C.; PEREZ, P.; MARAUX, F. Sarrazon – **Bilan hidrique applique au zonage**. Paris, França. CIRAD, 26 p. 1996.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling**. Computers and Graphics, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Estudos FAO: irrigação e drenagem, 33, Campina Grande: UFPB, 306 p, 1994.

EAGLEMAN, A. M. **An experimentally derived model for actual evapotranspiration**. Agricultural Meteorology, Amsterdam, v. 8, n. 4/5, p. 385-409, 1971.

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande-PB). BRS-196 (CNPQ-G4): **Nova cultivar de gergelim e seu sistema de cultivo**. (Folder). Campina Grande, 2000.

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Statistical Data. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 15 jun. 2005.

---

<sup>7</sup> Zona de Convergência Intertropical, principal sistema causador de chuvas no Nordeste setentrional (verão e outono).

PENMAN, H. L. **Vegetation and hydrology**. Harpenden: Commonwealth Bureau of Soils, 1963. 125 p. (Technical Communication, 53).

REICHARDT, K. **O solo como reservatório de água**. In: REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**, 1987. p. 27-69.

SILVA, S. C.; ASSAD, E. D.; LOBATO, E. J. V.; SANO, E. E.; STEINMETZ, S.; BEZERRA, H. S.; CUNHA, M. A. C.; SILVA, F. A. M. **Zoneamento agroclimático para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás**. Brasília: Embrapa – SPI, 1995. 80 p. (EMBRAPA – CNPAF. Documentos, 43).

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; FOREST, F. **Evaluation of the climatic risk on upland rice in Brazil**. In: Colloque "Resistance a la sécheresse en milieu intertropicale: Quelles recherches our le moyen terme?" 1984, Dakar. Proceedings... Paris: CIRAD, 1985. p. 43-54.

SUDENE (Recife-PE). **Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Ceará**. Recife, 1990. 671 p. v. 1/2.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London, England: Longman, 1983. 659 p.