

Utilização de MNT Para Otimização de Datas de Plantio de Culturas de Sequeiro. Caso do Arroz

EDUARDO DELGADO ASSAD¹
EDSON EYJI SANO¹
HELENO DA SILVA BEZERRA¹
SILVANDO CARLOS DA SILVA²
ENGLER JOSÉ VIDIGAL LOBATO²

¹EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CPAC - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
BR-020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08.223
73.301-970 Planaltina, DF, Brasil
Fax: (061)389.29.53

²EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CNPAP - Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Rodovia Gyn 12 Km 10
Caixa Postal 179
74.001 Goiânia, GO, Brasil

Abstract - This paper presents the mapping of water necessity index for rice cropping in the Goiás State, obtained through the simulation of water balance in 61 pluviometric stations in this State. This DTM data was stored and processed in the SGI geographic information system. It was possible identify the favorable, intermediate, unfavorable and highly unfavorable regions for rice cropping in Goiás State regarding to 9 different dates, 3 types of soils and 2 varieties of rice (short cycle of 110 days and middle cycle of 135 days).

1. Introdução

O Estado de Goiás é hoje um dos maiores produtores de arroz do Brasil. A produção de rizicultura neste Estado praticamente duplicou nos últimos 12 anos. Os dados do IBGE mostram, por exemplo, que em 1977 foram colhidas 474.093 toneladas de arroz. Já em 1988, onze anos depois, foram colhidas 941.684 toneladas, ou seja, um aumento de 98% na produção total. O maior registro de produção foi em 1980, com 1.176.703 toneladas. Com relação à região dos Cerrados brasileiros, o Estado de Goiás participa com 24% da produção total. A produtividade vem aumentando pouco a pouco, saindo de 0,72 ton/ha em 1977 para 1,42 ton/ha em 1989. É importante ressaltar que este volume produzido representa em termos médios, um valor econômico de 145 milhões de dólares anuais.

Como a maior parte da rizicultura no Estado é feita durante o período chuvoso, conhecido como lavoura de

arroz de sequeiro, a produtividade é altamente dependente da oferta pluviométrica e da frequência e intensidade de períodos de secas episódicas durante a estação chuvosa, conhecidos como veranicos.

A influência do veranico na produtividade pode ser bastante acentuada, principalmente se coincidir com a fase em que a planta é mais sensível à deficiência hídrica, que no arroz estende-se de 20 dias antes até 10 dias depois da floração-enchimento de grãos (Matsuchima, 1962).

Partindo desse princípio, este trabalho teve como principais objetivos:

- Simular o balanço hídrico para 61 localidades no Estado de Goiás e identificar freqüencialmente os períodos de maior estresse hídrico para a lavoura de arroz;
- Espacializar utilizando MNT, os índices de satisfação de necessidade de água, identificando os períodos

favoráveis, intermediários, desfavoráveis e altamente desfavoráveis para o plantio.

2. Metodologia

A otimização das datas de plantio do arroz para o Estado de Goiás foi feita a partir da simulação dos termos do balanço hídrico desenvolvido por Franquin & Forest (1977). Este modelo, bastante utilizado em zonas tropicais africanas conforme mostram os trabalhos de Dancette (1984) e Assad (1987), também foi validado nas condições da Venezuela por Forest & Kalms (1984), e testado no Brasil, notadamente em Goiânia, por Steinmetz et al. (1985) e no Distrito Federal por Assad (1986). O modelo utiliza certas simplificações que, se contestadas do ponto de vista conceitual, podem ser contornadas e apresentam uma margem de erro pequena, inferior a 10% quando comparado com as medições da Evapotranspiração real (ETR) obtida pela sondagem de neutrons e pelo método aerodinâmico do balanço de energia (Assad, 1987), o que é aceitável em termos de simulação. Uma das aproximações é que o modelo considera o solo como um compartimento isotrópico e monofásico, o que na realidade não ocorre. Outra aproximação é a determinação da evapotranspiração máxima baseada nos coeficientes culturais, que medidos em lisímetros tem abrangência local e devem ser corrigidos sempre que se muda a referência espacial. Finalmente a determinação da ETR é feita por uma equação polinomial do terceiro grau, desenvolvida por Eagleman (1971), deixando claro que trata-se de um modelo empírico, mas de fácil manuseio, aplicabilidade e portabilidade. Por se tratar de um modelo agroclimático, pressupõe-se que nos diversos casos simulados não ocorrerão limitações quanto à fertilidade dos solos e doenças das plantas.

Os parâmetros de entrada do modelo são :

Precipitação pluviométrica diária: Foram utilizadas as séries históricas de 61 estações pluviométricas do Estado de Goiás, listadas na Tabela 1, com um mínimo de 10 anos de dados diários de precipitação.

Capacidade de armazenamento de água do solo: No caso do Estado de Goiás foram considerados três tipos de solos, com capacidade de armazenamento diferentes: Areia quartzosa com capacidade de armazenamento de 30 mm/m; Latossolo Vermelho- Amarelo com 50 mm/m de capacidade de armazenamento; e Latossolo Vermelho-Escuro com 70 mm/m de capacidade de armazenamento.

Coefficientes culturais: Estes coeficientes foram adaptados a partir dos dados obtidos por Kalms (1980) e Steinmetz (1985).

Evapotranspiração potencial: É estimada pela equação de Hargreaves.

Estudou-se o comportamento de cultivares de ciclos curto (110 dias) e médio (135 dias). O ciclo da planta foi dividido em quatro fases: germinação-emergência, vegetativa, floração-enchimento de grãos e maturação. Considerou-se um período crítico (enchimento de grãos) de 35 dias, para ambos os comprimentos de ciclo. Esse período abrange dos 65 aos 100 dias após emergência, para cultivares de ciclo curto, e de 85 a 120 dias, para cultivares de ciclo médio.

Foram feitas simulações de épocas de plantio espaçadas de 10 em 10 dias, no período compreendido entre 1º de outubro a 31 de dezembro. As simulações foram iniciadas por pentadas - períodos de 5 dias -, ou seja, na primeira, terceira e sexta pentada de cada mês. Os resultados são apresentados para as seguintes datas de plantio:

01-05	outubro
10-15	outubro
25-31	outubro
01-05	novembro
10-15	novembro
25-30	novembro
01-05	dezembro
10-15	dezembro
25-31	dezembro

Dentre os parâmetros obtidos a partir da simulação do balanço hídrico, destaca-se o índice ETR/ETM (evapotranspiração real/ evapotranspiração máxima). Esta relação pode ser conhecida como índice de penalização $[1-(ETR/ETM)]$, ou simplesmente tratada como índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), que expressa a relação entre a quantidade de água que a planta consumiu e a que seria desejável para garantir plenamente sua máxima produtividade.

Para cada localidade, foram então calculados os ISNA médios da fase de enchimento de grãos, para no mínimo 10 anos de precipitação. Uma vez determinados os ISNA em cada ano, foi feita análise frequencial para 20%, 50% e 80% de ocorrência. No caso da espacialização foi utilizada somente a frequência de 80%, pois sendo mais conservadora, indica se o ISNA é maior ou igual a um determinado valor para oito anos em cada 10, ou seja, em 80% dos anos.

Foram estabelecidas quatro classes de ISNA, a saber:

- ISNA maior ou igual a 0,65. Neste caso o plantio é favorável naquela data;

- ISNA menor que 0,65 e maior que 0,55. Aumenta-se o risco para o plantio, sendo a data considerada intermediária;

- ISNA menor que 0,55 e maior que 0,45. Aumenta-se muito o risco do plantio, sendo a data considerada desfavorável;

- ISNA menor que 0,45. Neste caso a data é altamente desfavorável.

O balanço hídrico foi então simulado para nove datas de plantio diferentes, três tipos de solos, dois cultivares e 61 localidades, o que leva a um total de 3264 simulações para o Estado de Goiás.

Uma vez finalizadas as simulações do balanço hídrico, os valores estimados foram espacializados e interpolados no SGI. A entrada de dados foi feita a partir da leitura de pontos georeferenciados.

Para a execução desta etapa, foram seguidas as seguintes etapas de trabalho: digitalização de arquivo de pontos (formato ASCII), organizados em três colunas com latitude, longitude e valores da relação ETR/ETM com 80% de frequência de ocorrência; transformação das coordenadas geográficas em coordenadas da projeção poligônica; leitura do arquivo de pontos, organização das amostras e geração de uma grade regular (criação de uma grade retangular regularmente espaçada de pontos, onde o valor da cota de cada ponto é estimado a partir da interpolação de um certo número de vizinhos mais próximos).

No SGI existem atualmente seis opções de interpoladores (Felgueiras, 1987). Por se tratar basicamente de uma análise bidimensional, onde foram espacializadas as variações do ISNA (ETR/ETM) em função do tempo, não sendo considerados os efeitos orográficos, o interpolador escolhido foi aquele que mais se aproximou de um resultado linear. Assim, foi selecionado o interpolador que considerou a média dos N pontos mais próximos por quadrante da grade regular, com peso $w=1/d^n$ e o expoente da função peso foi definido como 4.

Uma vez convertidos os dados e feitas as transformações necessárias, a imagem foi fatiada e reclassificada. Verificados os erros e ajustados os valores das interpolações feitas, foram confeccionados 54 mapas com as datas de plantio otimizadas para o Estado de Goiás, classificadas e fatiadas para as quatro classes de ISNA determinadas pela análise frequencial

dos termos do balanço hídrico: favorável, intermediária, desfavorável e altamente desfavorável.

3. Interpretação dos mapas

Na Figura 1, é ilustrada a variação encontrada para o plantio no dia 01/10, nos solos com capacidade de armazenamento de 30 mm/m e cultivar de 110 dias de ciclo. Somente na região de Caldas Novas foi identificada a condição de altamente desfavorável para o plantio. Entretanto, observa-se que em outras regiões do Estado a condição de data desfavorável para o plantio está presente, sendo bastante significativa.

Na Figura 2, é ilustrada a variação encontrada para o plantio no dia 01/11, nos solos com capacidade de armazenamento de 30 mm/m e cultivar de 110 dias de ciclo. Observa-se um aumento significativo no número de municípios em condição altamente desfavorável para o plantio. Praticamente toda a região meio-sudeste do Estado, abrangendo todo o Distrito Federal, está nesta condição. Somente parte do Município de Nova América se encontra em condições favoráveis para o plantio.

À medida que se avança no tempo, agora com nova data de plantio, em 01/12, aumenta-se substancialmente o risco climático para o plantio. No caso da Figura 3, nos solos com capacidade de armazenamento de água de 30 mm/m e ciclo de 110 dias, praticamente todo o oeste do Estado de Goiás encontra-se em condições desfavoráveis ou altamente desfavoráveis. Somente parte dos Municípios de Mineiros, Jataí e Serranópolis, estão em condições intermediárias para plantio.

Na Figura 4, alterando-se o tipo de solo, agora com capacidade de armazenamento de água de 50 mm/m, cultivar de ciclo de 110 dias e data de plantio em 01/10, observa-se que somente para uma estreita faixa entre os limites dos municípios de Caldas Novas e Ipameri, a data é altamente desfavorável. Em torno desta região as condições são desfavoráveis, assim como na parte sul do município de Trombas. Praticamente em todo o resto do Estado as condições são favoráveis.

Avançando no tempo e alterando a data de plantio para 01/11, as condições de data de plantio são reduzidas, aumentando o risco climático. Somente na região sudoeste do Estado é que se observa as condições favoráveis para o plantio, conforme ilustra a Figura 5. O solo é o mesmo das condições anteriores, com capacidade de armazenamento de 50 mm/m e cultivar de 110 dias de ciclo.

Alterando-se a data para 01/12 e mantendo-se as mesmas características anteriores, conforme ilustrado na Figura 6, nos municípios de Jataí, parte dos municípios de Serranópolis, Rio Verde, Pirenópolis e São Francisco de Goiás, estão ainda em condições favoráveis para o plantio.

Da mesma maneira que nas condições anteriores, observa-se que à medida que se avança no tempo, aumenta-se o risco climático para o plantio no Estado de Goiás. Especialmente, o problema é identificado no sentido leste-oeste, ou seja, inicialmente os municípios com maior risco são aqueles que estão na fronteira com os Estados de Minas Gerais e Bahia, e à medida que se avança no tempo, praticamente todo o Estado fica em condições de plantio altamente desfavorável.

Este estudo, ilustrado em 54 mapas com datas de plantio diferentes, solos diferentes e cultivares diferentes, mostra bem como é heterogênea a oferta pluviométrica no Estado de Goiás, e como esta oferta, associada às condições de armazenamento de água, fazem variar espacialmente o risco climático para o plantio do arroz. Portanto, para se evitar perdas maiores na produção do arroz de sequeiro no Estado de Goiás, devem ser consideradas, a nível municipal, as datas ótimas de plantio, o que facilitará o manejo da cultura do arroz de sequeiro, reduzindo o risco climático e, conseqüentemente as quebras de safra.

4. Referências bibliográficas

- ASSAD, E.D. Simulation de l'irrigation et du drainage pour les cultures pluviales de riz et de maiz en sols de Bas-fonds a Brasilia. *Memoires et Travaux de l'IRAT*, número 13:89-110. 1986.
- ASSAD, E.D. *Utilisation des satellites météorologiques pour le suivi agroclimatique des cultures en zone sahélienne. Cas du Senegal*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, Montpellier, France. 1987, 258p.
- DANCETTE, C. Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone Soudanno-Sahélienne. *L'Agronomie Tropicale* 38(4):267-280. 1984.
- EAGLEMAN, A.M. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. *Agri. Meteor.* 8(4-5):385-409. 1971
- FELGUEIRAS, C.A. *Desenvolvimento de um sistema de modelagem de terreno para microcomputadores*. Tese Msc. INPE. São José dos Campos, 1987. 202p. (INPE-4406-TDL/303).
- FRANQUIN, P. & FOREST, F. Des programmes d'évaluation et analyse fréquentielles des termes du bilan hydrique. *L'Agronomie Tropicale* 32(1):1-22.1977.
- FOREST, F. & KALMS, J-M. Influence du regime d'alimentation en eau sur la production du riz pluvial et simulation du bilan hydrique. *L'Agronomie Tropicale*, 39(1):42-50,1984.
- KALMS, J.M *L'évapotranspiration réelle maxima (ETm) du riz en région Centre de Côte d'Ivoire*. Bouaké, Institute des Savannes/departement des cultures Vivrières/Division d'Agronomie, 15p. 1980.
- MATSUCHIMA, S. *Some experiments on soil-plant relationships in rice*. Malaya, Kuala Lumpur, Ministry of Agriculture and Cooperative, 35p. 1962.
- STEINMETZ, S. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura para uma cultivar de ciclo curto de arroz de sequeiro na região de Goiânia (GO). In: IV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. *Resumos*. Londrina, Paraná, 1985.
- STEINMETZ, S.; REYNIERS, F.N.; FOREST,F. *Evaluation of the climatic risk on upland rice in Brazil*. IN: COLLOQUE "RESISTENCE A LA SECHERRESSE EN MILIEU INTERTROPICALE: QUELLES RECHERCHES POUR LE MOYEN TERME?" Paris, CIRAD, p. 43-54. 1985
- STEINMETZ, S. & FOREST, F. Caracterização das épocas de plantio mais apropriadas para o arroz de sequeiro do Estado de Goiás. EMBRAPA-CNPAP, *Circular técnica*, n. 22. 33p. 1986.

Tabela 1. Localização das estações pluviométricas do Estado de Goiás

Estação	Latitude	Longitude	Início	Final
Alto Paraiso	14.08.00	47.30.30	1971	1986
Alvorada do Norte	14.29.00	46.29.30	1969	1987
Anápolis	16.05.00	48.30.30	1971	1987
Anicuns	16.28.00	49.56.24	1972	1987
Aporé	18.35.00	51.49.00	1973	1987
Bom Jesus de Goiás	18.05.00	50.01.00	1972	1987
Britânia	15.14.00	51.10.00	1974	1987
Caldas Novas	17.43.00	48.31.00	1949	1965
Cabeceiras	15.47.00	46.59.00	1974	1984
Cachoeira Alta	18.48.00	51.00.00	1973	1985
Caiaponia	16.42.00	52.26.00	1969	1987
Cavalcante	13.47.48	47.27.00	1969	1986
Ceres	15.18.30	49.36.00	1972	1987
Cristianópolis	17.13.00	48.45.00	1973	1987
Cromínia	17.17.00	49.23.00	1978	1987
Edéia	17.18.00	49.55.00	1974	1987
Estrela do Norte	13.52.00	49.04.00	1972	1981
Flores de Goiás	14.27.00	47.02.42	1969	1987
Formosa	15.24.00	47.27.00	1974	1987
Formoso	13.20.12	48.44.00	1974	1987
Goianésia	15.19.00	49.07.00	1969	1981
Goiânia	16.40.00	49.16.00	1950	1975
Goiás	15.22.30	50.30.00	1973	1982
Goiatuba	18.07.00	49.09.00	1972	1987
Inhumas	16.18.00	49.30.00	1948	1981
Ipameri	17.43.00	41.10.00	1974	1983
Israelândia	16.22.00	50.54.00	1974	1987
Itajá	19.07.00	51.38.00	1973	1987
Itaporanga	15.33.42	49.56.54	1969	1976
Itumbiara	18.20.00	49.55.00	1972	1987
Jaraguá	15.45.30	49.19.30	1965	1981
Jataí	17.55.00	54.45.00	1971	1987
Jussara	15.41.00	51.16.00	1974	1987
Luziânia	16.09.00	47.56.00	1974	1987
Maurilândia	18.02.00	50.20.00	1974	1987
Minaçu	13.31.42	48.14.36	1970	1987
Mineiros	17.41.00	52.51.00	1972	1982
Montes Claros de Goiás	15.58.00	51.20.00	1972	1987
Morrinhos	17.46.00	49.08.00	1974	1983
Niquelândia	14.58.24	48.40.18	1970	1984
Nova América	15.01.12	49.53.30	1974	1987
Orizona	16.54.00	47.55.00	1945	1962
Padre Bernado	15.09.30	48.17.00	1974	1987
Palmeiras	16.48.00	49.56.00	1975	1987
Paraúna	17.19.00	50.36.00	1972	1987

Tabela 1. (Continuação).

Estação	Latitude	Longitude	Início	Final
Piracanjuba	17.18.00	49.01.00	1974	1987
Piranhas	16.26.00	51.25.00	1974	1983
Pirenópolis	15.51.00	48.57.00	1950	1980
Pontalina	17.30.00	49.26.00	1974	1987
Porangatu	13.14.30	49.30.00	1974	1987
Quirinópolis	18.34.00	50.34.00	1972	1987
Rio Verde	17.26.00	50.41.00	1975	1987
Santa Rita do Araguaia	17.10.00	53.08.00	1969	1987
Santa Terezinha de Goiás	14.26.00	49.42.30	1974	1984
São Domingos	13.24.00	46.19.00	1969	1987
São João da Aliança	14.42.00	47.31.00	1969	1987
São Miguel do Araguaia	13.16.00	50.10.00	1974	1987
Três Ranchos	18.25.00	47.48.00	1973	1987
Uruaçu	14.30.54	49.01.48	1969	1986
Uruana	15.30.00	49.41.00	1972	1987
Varjão	17.05.00	49.40.00	1972	1987
Vianópolis	16.45.00	48.30.00	1974	1987

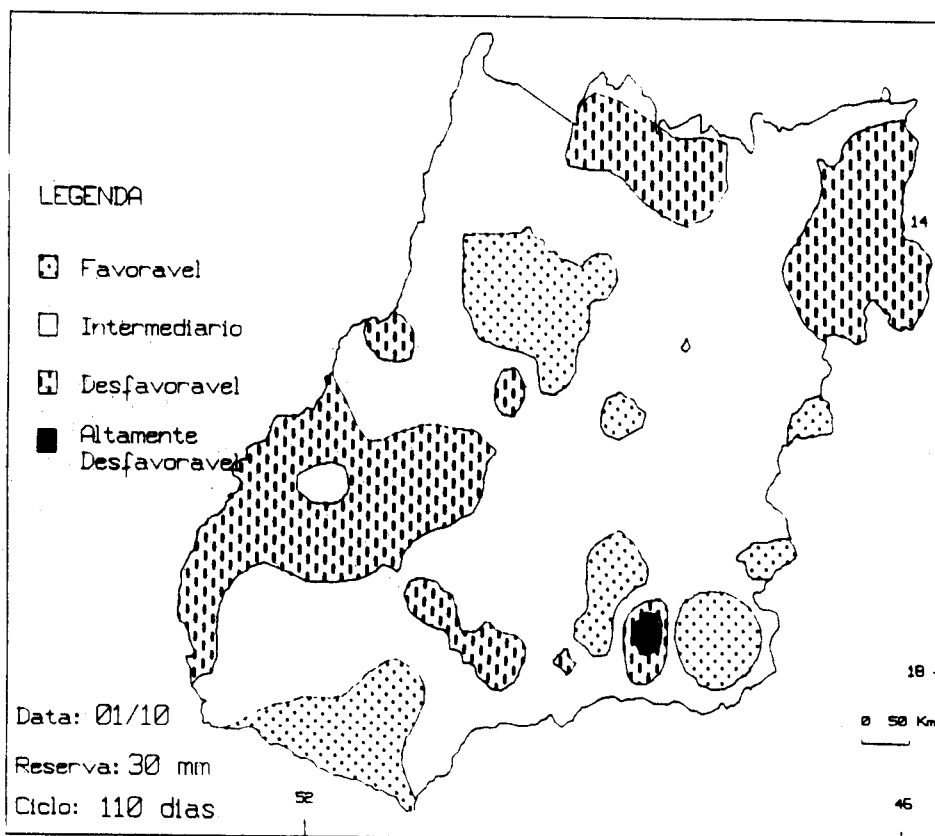


Figura 1. Espacialização da data de plantio para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás em 01 de outubro. Solo tipo Areia Quartzosa.

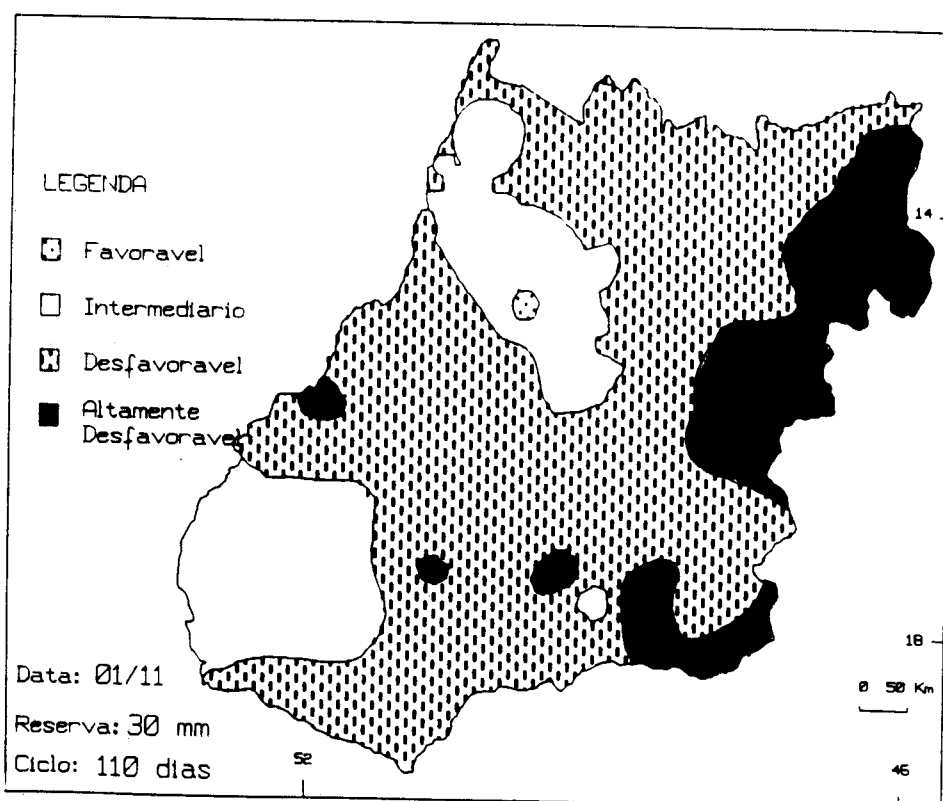


Figura 2. Espacialização da data de plantio para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás em 01 de novembro. Solo tipo Areia Quartzosa.

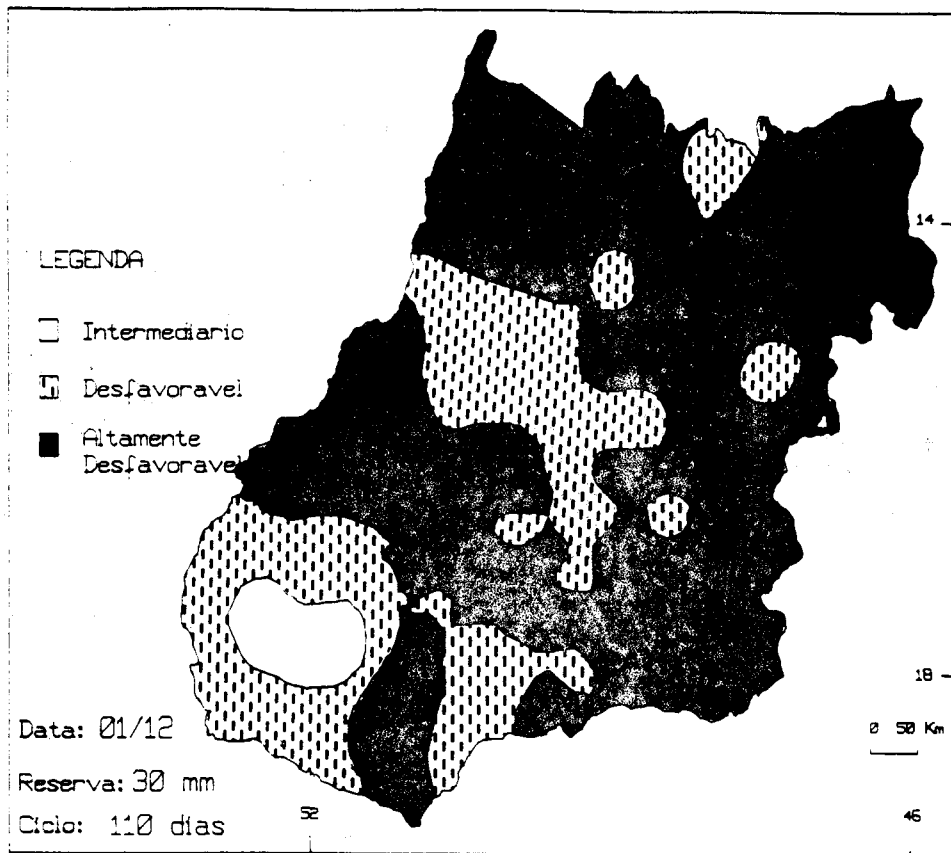


Figura 3. Espacialização da data de plantio para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás em 01 de dezembro. Solo tipo Areia Quartzosa.

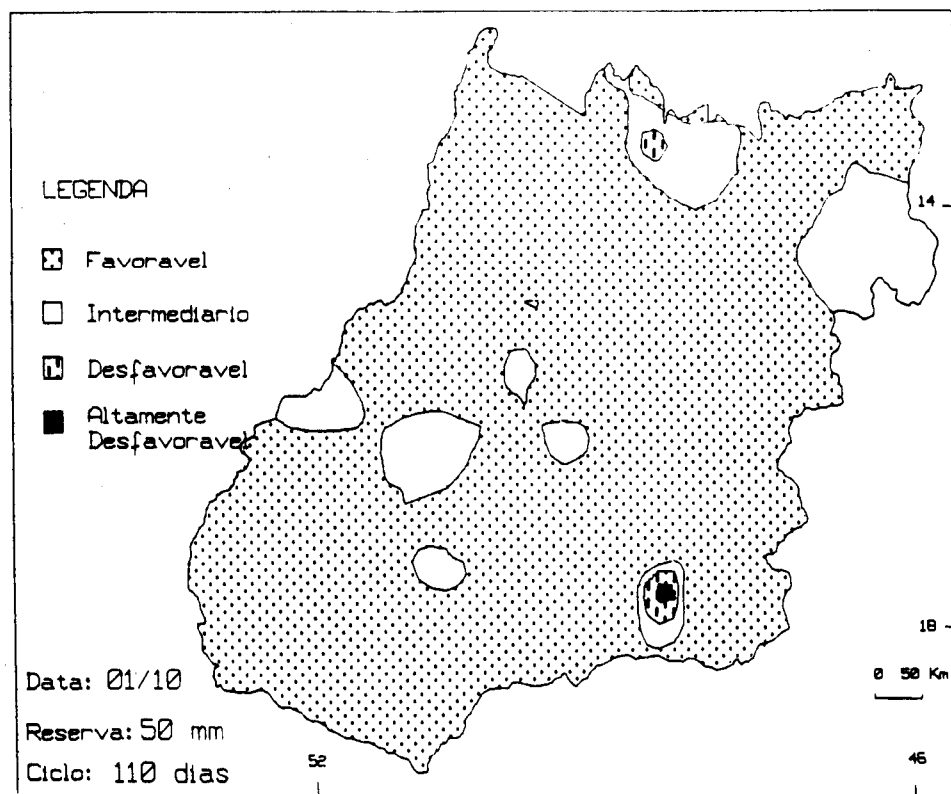


Figura 4. Espacialização da data de plantio para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás em 01 de outubro. Solo tipo Latossolo Vermelho-Amarelo

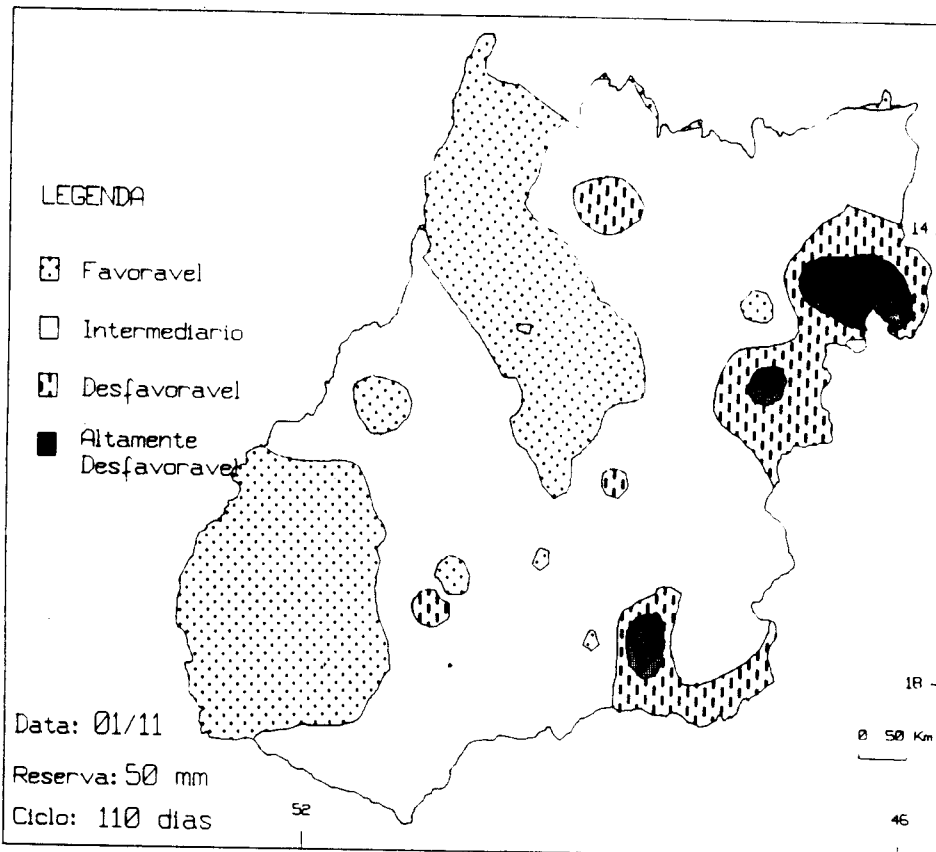


Figura 5. Espacialização da data de plantio para o arroz de sequeiro no Estado de Goiás em 01 de novembro. Solo tipo Latossolo Vermelho-Amarelo.

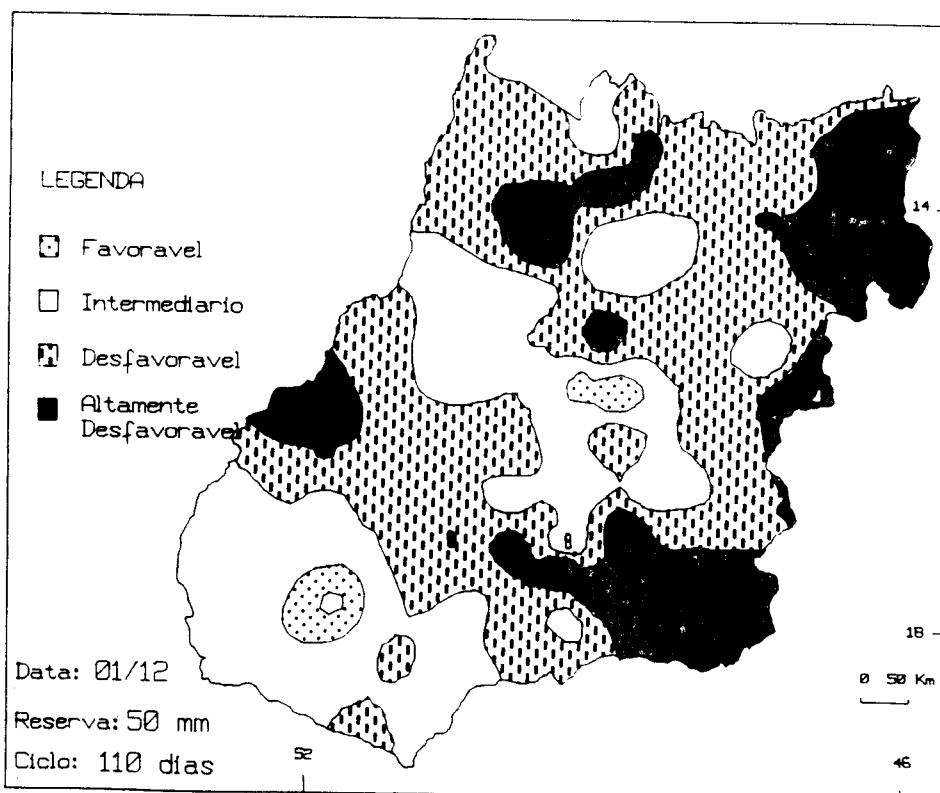


Figura 6. Espacialização da data de plantio de arroz de sequeiro no Estado de Goiás em 01 de dezembro. Solo tipo Latossolo Vermelho-Amarelo