

SEQUÊNCIAS DE DIAS CHUVOSOS: FATOR DE RISCO À COLHEITA EM GOIÁS

WILSON O. MESQUITA¹, NORI P. GRIEBELER², VLADIA CORRECHEL³

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estabelecer sequências de dias chuvosos como fator de risco à colheita no Estado de Goiás. Para isso, foram utilizadas séries históricas pluviométricas, com período de base de, no mínimo, 17 anos referentes a 36 estações pluviométricas localizadas neste Estado. As sequências de dias chuvosos foram separadas por uma rotina computacional para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Para o estudo de probabilidade destas sequências, utilizou-se a Distribuição Binominal Negativa Truncada (DBNT). A aderência da distribuição às sequências de dias chuvosos foi verificada, utilizando-se do teste de Qui-quadrado (χ^2). Os resultados foram espacializados, de modo a facilitar a visualização da distribuição espacial das sequências de dias chuvosos para os meses estudados. Verificou-se que o risco de chuva na colheita varia localmente. As maiores probabilidades de ocorrência de sequências com dois dias chuvosos ocorreram nas regiões centro, sudoeste e sul, e três dias na região central e entorno. Ocorrência de sequências com quatro dias chuvosos ou mais apresentou baixa probabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: distribuição binominal, precipitação, espacialização, sequências de precipitações.

SEQUENCES OF RAINY DAYS AS A RISK FACTOR TO HARVEST IN THE STATE OF GOIAS, BRAZIL

ABSTRACT: The objective of this study was to establish sequences of rainy days as a risk factor for agriculture in the southeast region of the states of Goiás, Brazil. Rain gauge data from 36 rain stations were used. The sequences of rainy days were calculated by a computational routine for December, January, February and March. The probability of sequences was estimated by using the TNBD (Truncated Negative Binomial Distribution) and was verified by Chi-square distribution. The result were regionalized obtaining figures related to sequences of rainy days for the months studied. Results showed that the risk of rain sequences varies locally. Higher probability for occurrence of two rainy days occurred in the center, southwest and south of the analyzed region, and 3 days in the central region and surroundings. There was low probability for occurrence of 4 or more rainy days.

KEYWORDS: binomial distribution, sequences of rainfall, rain gauge data.

INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre a distribuição e o comportamento das precipitações é de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos hidroagrícolas, sendo essencial no planejamento e manejo de sistemas de irrigação, escolha de épocas de plantio ou manejo do solo com fins conservacionistas (ASSIS & VILLA NOVA, 1994; ARAI et al., 2010; SILVA et al., 2010).

Na maioria dos estudos, a chuva é analisada visando à determinação da probabilidade de ocorrência de uma determinada lâmina precipitada e de sequências de períodos chuvosos e não chuvosos. Nestes estudos, o veranico, entendido como uma sequência de dias sem chuva (MEIRELES et al., 2003; MENEZES et al., 2010), tem sido considerado de grande importância

¹ Eng^o Agrônomo, M.Sc. em Agronomia, Escola de Agronomia, Setor Engenharia de Biosistemas, Laboratório de Geoprocessamento, Rod. Goiânia-Nova Veneza, km 0, Câmpus II, Samambaia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO. Fone: (0XX62) 3521.1557, wilson_mesquita7@yahoo.com.br.

² Eng^o Agrícola, Prof. Dr. Associado II, Escola de Agronomia, Setor Engenharia de Biosistemas, Laboratório de Geoprocessamento, Rod. Goiânia-Nova Veneza, km 0, Câmpus II, Samambaia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.

³ Eng^a Agrônoma, Prof. Adjunto IV, Escola de Agronomia, Setor Solos, Laboratório de Física do Solo, Rod. Goiânia - Nova Veneza, km 0, Câmpus II, Samambaia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 10-11-2011

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 9-11-2012

econômica, principalmente quando a estiagem atinge a cultura na fase reprodutiva. Da mesma forma, a sequência de dias chuvosos também pode trazer prejuízos econômicos, uma vez que pode prejudicar a qualidade dos produtos agrícolas caso ocorra em época de colheita (MINUZZI et al., 2010; SMIDERLE & DIAS, 2011).

Segundo PEREIRA et al. (2000), na região do Cerrado do Brasil Central, as condições climáticas favorecem a produção de sementes de soja de boa qualidade, em especial as de ciclo precoce, pois as fases de maturação e colheita coincidem com períodos de elevada temperatura e chuvas erosivas. Os resultados obtidos por MINUZZI et al. (2010) confirmam o relato de PEREIRA et al. (2000), pois verificaram que, quando se retarda a época de colheita de sementes de soja, independentemente da cultivar avaliada, a porcentagem total de microrganismos aumenta linearmente.

No caso da cultura do arroz, ocorre o inverso. Segundo MARCHEZAN et al. (1997), quando a colheita do arroz é realizada antecipadamente, ou seja, coincidindo com a umidade relativa do ar elevada, a proporção de sementes de arroz malformadas, gessadas, frágeis, imaturas, aumenta consideravelmente (CASTRO et al., 1999). DI STEFANO et al. (2000) ressaltam a necessidade de um período de um a dois dias para a secagem do feijoeiro a campo para grão colhido manualmente, o que pode não ocorrer quando a colheita coincide com uma sequência longa de dias chuvosos. Para esta mesma cultura, MEIRELES et al. (2003) comentam que a semeadura no início do período chuvoso para o local do estudo, que corresponde aos meses de outubro e novembro, possui o inconveniente da ocorrência de chuvas na colheita, podendo vir a comprometer a produção.

Segundo SIMIDU et al. (2010), as condições climáticas correspondem a um dos grandes fatores limitantes à produção do feijão, visto que, quando desfavoráveis, podem limitar a produtividade. A época de semeadura é função desse fator. Além disso, necessita de ausência de chuvas no período de maturação.

Outra cultura com a qual se tem grande preocupação com risco de ocorrência de dias chuvosos sequenciais durante o período de colheita é a do trigo. CUNHA et al. (1998) mostram que, para essa cultura, um dos critérios para o planejamento da produtividade do trigo é o de risco de excesso de chuva na colheita, calculado com base no número de dias chuvosos sequenciais e o volume de chuva precipitado no período.

Para verificar o risco à ocorrência de períodos chuvosos a que o produtor estará sujeito, estudos sobre a probabilidade de ocorrência de intervalos de precipitação no período de colheita são realizados com base em dados passados e permitem ao produtor planejar o manejo de sua lavoura com menores riscos de perdas. O uso dessas informações, no entanto, torna-se complexo, uma vez que o período de colheita depende de outros fatores, como época de plantio, ciclo da cultura, atraso ou adiantamento do início das chuvas.

Outro aspecto relaciona-se ao uso de informações pontuais, de estações climatológicas. Estas informações devem ser espacializadas, de modo que seja possível conhecer a abrangência dos eventos (SILVA et al., 2010). Neste sentido, o desenvolvimento e a acessibilidade aos sistemas de informações geográficas e outros sistemas para aplicações gráficas têm auxiliado as áreas de cartografia e mapeamento (LOPES et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2008; CAVALCANTE et al., 2010; DÉSTRO & CAMPOS, 2010). Essas tecnologias podem ser utilizadas para gerar mapas de riscos de perdas na colheita causadas pela chuva (MEIRELES et al., 2003).

Com base no exposto, este trabalho teve por objetivo analisar, para as regiões central e sudeste do Estado Goiás, a ocorrência de sequências de dias chuvosos como fator de risco à colheita das culturas agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Geoprocessamento do Setor de Engenharia Rural da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás

(LAGE/EA/UFG). Dados de precipitação pluviual obtidos no endereço eletrônico <http://hidroweb.ana.gov.br/>, da Agência Nacional de Águas (ANA), foram analisados. Foram utilizadas somente séries homogêneas e consistidas, com um mínimo de 17 anos de dados para realizar as análises de sequências de dias chuvosos. Foram selecionadas estações localizadas entre as coordenadas 47°00' e 51°00' W e 15°00' e 19°00' S, para obter dados pluviométricos para as regiões central e sudeste do Estado de Goiás. Na Figura 1, mostra-se o mapa político do Estado de Goiás (a) e a área estudada (b) subdividida em regiões menores, noroeste (NW), norte (N), nordeste (NE), oeste (W), centro (C), leste (E), sudoeste (NW), sul (S) e sudeste (SE), conforme as coordenadas nela apresentadas, para facilitar a orientação na área selecionada no estudo, e um recorte (c) com a área selecionada no estudo, indicando também a divisão municipal.

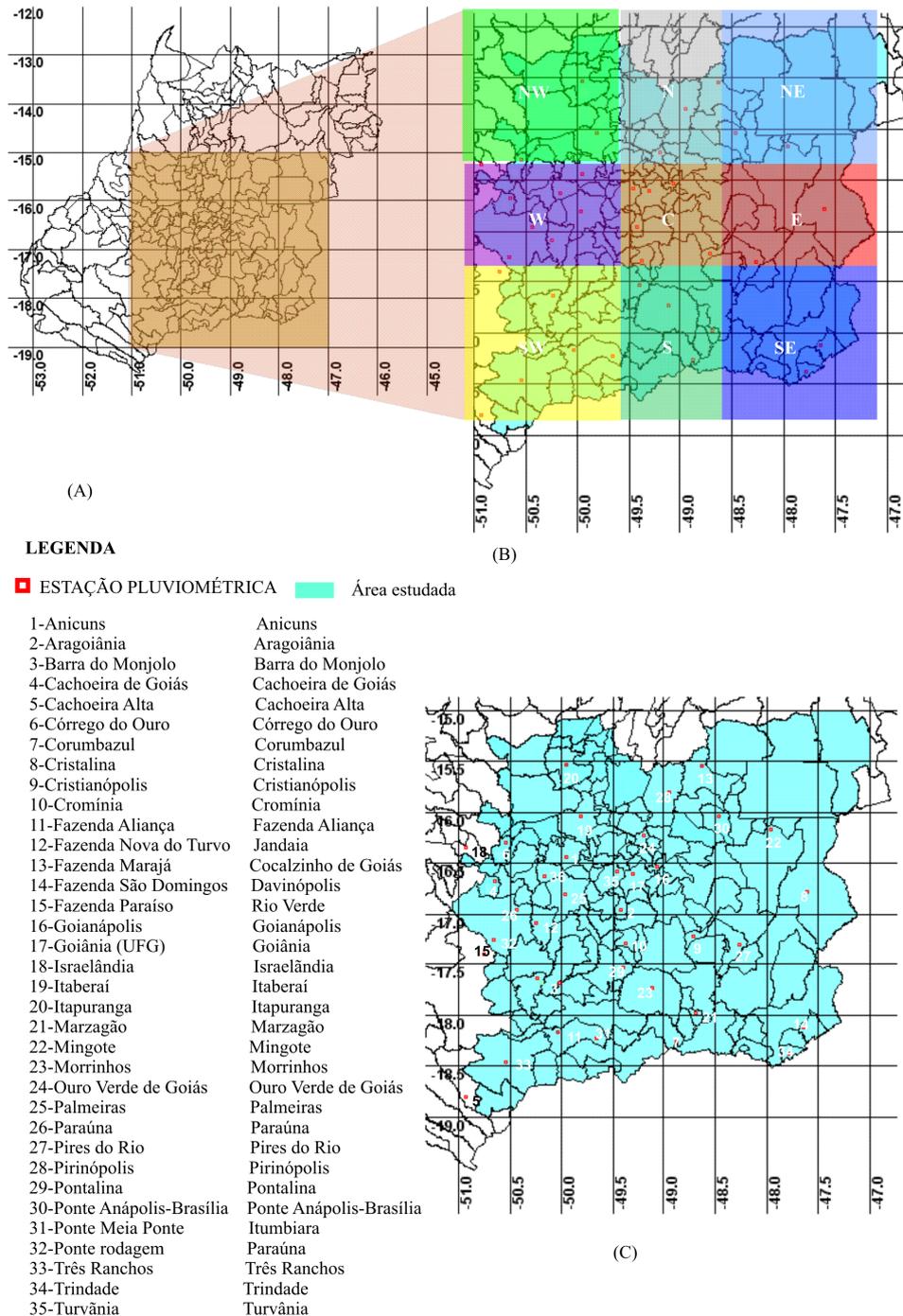


FIGURA 1. Estado de Goiás (a), divisão da área estudada em regiões (b) e recorte da área selecionada para estudo (c). State of Goiás, Brazil (a), study regions (b) and delimited study area (c).

Os dados pluviométricos de cada estação foram analisados, descartando-se todos os anos com falhas mensais ou diárias. Para a obtenção das sequências de dias chuvosos, foi desenvolvida uma rotina computacional que permitiu contabilizar o número de dias consecutivos com chuva. Foram separadas na análise sequências de precipitação de um até dez dias para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Não foram separadas lâminas mínimas de precipitação, nem estabelecidos limites, sendo considerada qualquer precipitação registrada. As sequências foram consideradas independentes. Assim, sequências com dois ou mais dias não foram consideradas como sequências com menos dias, ou seja, uma sequência de três dias não foi contabilizada como sequência de dois ou um dia. Também não foi realizada a ligação entre os meses, sendo estes tratados de forma independente.

Depois de obtidas as sequências de dias chuvosos, foram determinadas as frequências observadas pela acumulação da ocorrência de cada sequência. As frequências esperadas de cada sequência e as probabilidades associadas a essas frequências foram obtidas por meio de planilha eletrônica.

Para o estudo da probabilidade de ocorrência de cada sequência de dias chuvosos, utilizou-se a distribuição binomial negativa truncada (DBNT), que considera a função de distribuição de probabilidade representada pela seguinte expressão:

$$P(X) = p(x) \left(\frac{K + X}{X + 1} \right) (1 - K) \quad (1)$$

em que,

X - duração da sequência de dias chuvosos em dias;

p(x) - probabilidade associada a X, obtida conforme as eqs.(2) e (3);

K é obtido utilizando a equação:

$$K = \frac{W\bar{X} - \frac{f_1}{N}}{1 - K} \quad (2)$$

em que, W é obtido por:

$$W = \frac{\bar{X}}{s^2} \left(1 - \frac{f_1}{N} \right) \quad (3)$$

em que,

\bar{X} - média das frequências observadas das sequências de dias chuvosos;

s^2 - variância das frequências observadas das sequências de dias chuvosos;

N - soma das frequências observadas das sequências de dias chuvosos;

f_1 - frequência da primeira classe observada das sequências de dias chuvosos, e

K e W - parâmetros da equação de distribuição de probabilidade.

Para $X = 1$, a probabilidade é determinada utilizando a equação:

$$p(X=1) = \frac{W^K K(1-W)}{1-W^K} \quad (4)$$

e para $X > 1$, é utilizada a seguinte equação:

$$p(X > 1) = p(X-1) \left(\frac{K + (X-1)(1-W)}{X} \right) \quad (5)$$

A frequência esperada (f_e) é determinada por:

$$f_e = \sum f_a p(X) \quad (6)$$

Em que f_a corresponde à frequência observada de cada classe de sequências de dias chuvosos, obtidas através de sua acumulação.

A aderência da DBNT às sequências de dias chuvosos foi verificada, utilizando-se do teste de Qui-quadrado (χ^2), o qual apresenta a seguinte formulação:

$$\chi_c^2 = \sum_i^k \left(\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \right) \quad (7)$$

em que f_o corresponde ao valor da frequência observada na série.

Os graus de liberdade (GL) foram obtidos com a seguinte equação:

$$GL = c - p - 1 \quad (8)$$

em que, c corresponde ao número de classes e p ao número de parâmetros da DBNT.

Foram utilizadas 10 classes correspondendo à quantidade de sequências de dias chuvosos e dois parâmetros correspondendo à média e à variância. Foram apresentadas (Tabela 2) probabilidades de sequências de até cinco dias chuvosos, pois sequências maiores que cinco dias possuem baixas probabilidades, podendo ser desprezadas.

Para a aplicação do teste de aderência, agruparam-se as 10 classes de frequências observadas e esperadas em seis classes, pela acumulação das frequências observadas da sexta até a décima classe. Este procedimento teve como objetivo obter classes com frequências maiores que 3, conforme sugerido por ASSIS et al. (1996), pois frequências menores que este valor são consideradas baixas, podendo não proporcionar bom ajuste. Formulou-se a hipótese de nulidade (H_0) para verificar a adequacidade da DBNT às sequências de dias chuvosos com nível de significância de 5% de probabilidade, com 3 graus de liberdade (G.L.).

Os dados de chuva de cada região de interesse (nome da estação, latitude, longitude e porcentagem de sequências de dias chuvosos) foram especializados a partir da planilha eletrônica, usando o método do inverso do quadrado da distância do programa Surfer. Os arquivos raster, gerados no formato GRD (grid), envolvendo os limites da área do estudo, foram salvos no formato ASCII e importados com o programa Idrisi. Para facilitar a visualização, os arquivos foram divididos em classes que variaram de acordo com a amplitude dos dados originais. Para amplitudes menores, foi criado um pequeno intervalo de classes, e para amplitudes maiores, intervalos de classes maiores. Em todos os casos, teve-se o cuidado para que essa reclassificação correspondesse à amplitude de valores originais, somente na área de interesse do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste χ^2 foi aplicado às dez classes iniciais, correspondentes às sequências de 1 a 10 dias chuvosos das 36 estações pluviométricas analisadas. Verificou-se que, para a maioria das estações, foi obtido um bom ajuste para o nível de significância de 5% de probabilidade, indicando que a DBNT foi adequada para explicar a distribuição das sequências de dias chuvosos. Na análise, foram consideradas sequências de até cinco dias, uma vez que, em média, estas sequências obtiveram até 5% de probabilidade de ocorrerem, sendo desconsideradas sequências com menos de 5% de probabilidade de ocorrência. Como esperado, para todos os meses analisados, a sequência de um dia foi a que apresentou maior probabilidade de ocorrer. Na Tabela 2, são mostradas as sequências de ocorrências de dois a cinco dias, sequências de um dia, e maiores que cinco dias não foram consideradas, uma vez que sequências de um dia representam mais de 50% de probabilidade de ocorrerem, e sequências maiores que cinco dias apresentam baixa probabilidade de ocorrência.

Na Figura 2, está apresentada a distribuição espacial das probabilidades em porcentagem de sequências de dois, três e quatro dias para o mês de dezembro. Na figura 2a, a maior parte da área

apresenta-se na faixa de 20% a 21% de probabilidade de seqüências de dois dias chuvosos, e a faixa de 17% a 20% concentra-se no nordeste, leste, sul e sudeste, e esparsamente distribuída no noroeste, norte, oeste, centro, sudoeste e sul da área em estudo, sendo que a faixa de 17% a 19% concentra-se no entorno das estações de Barra do Monjolo, Aragoiânia e Pires do Rio, e Cristalina. A faixa de 21% a 23% de probabilidade de seqüência de dois dias chuvosos localiza-se no noroeste, norte, oeste e centro, e esparsamente no nordeste, norte, centro, sul e sudoeste da área, sendo que a faixa de 22% a 23% se encontra no entorno das estações de Anicuns e Turvânia.

Na Figura 2b, a maior parte da área apresenta-se na faixa de 12% a 13% de probabilidade de seqüências de três dias chuvosos, a faixa de 9% a 12% encontra-se no noroeste, oeste, centro, sudoeste, sul e sudeste da região, sendo que a faixa de 9% a 11% se encontra no entorno das estações de Cachoeira de Goiás e Cromínia. A faixa de probabilidade de 13% a 16% localiza-se no noroeste, norte, nordeste, oeste, centro, leste, sul e sudeste, e esparsamente distribuída no oeste, sudoeste e sul da região em estudo, e a faixa de 14% a 16% no entorno das estações de Cristalina, Morrinhos, Goiânia, Ponte Meia Ponte.

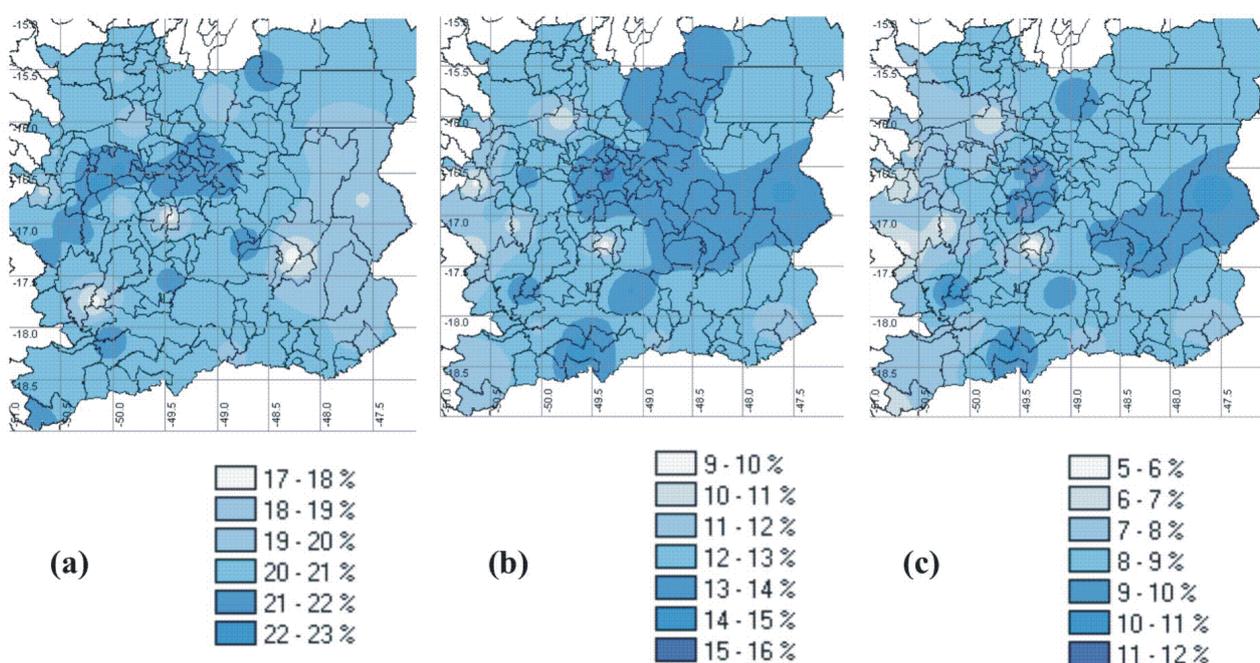


FIGURA 2. Distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de seqüências de dois dias (a), três dias (b) e quatro dias (c) nas regiões central e sudeste do Estado de Goiás para dezembro. **Spatial distribution of sequence probability of 2 days (a) 3 days (b) and 4 days (c) for central and Southeast regions of the State of Goiás for December.**

Na Figura 2c, a maior parte da área apresenta-se na faixa de 8% a 9% de probabilidade de seqüências de quatro dias chuvosos, a faixa de 5% a 8% encontra-se localizada no noroeste, oeste, sudoeste e esparsamente distribuída no oeste, centro, sul e sudeste da região em estudo, sendo que a faixa de 5% a 6% se concentra no entorno das estações de Fazenda Paraíso, Fazenda Nova do Turvo e Cromínia. A faixa de 9% a 12% de probabilidade localiza-se no nordeste, centro, leste e sul, e esparsamente distribuída no noroeste, norte, oeste, centro, sudoeste e sul da região, sendo que a faixa de 10% a 12% se encontra no entorno das estações de Cristalina, Pires do Rio, Aragoiânia, Goiânia, Barra do Monjolo e Ponte Meia Ponte, e a faixa de probabilidade de 11% a 12% encontra-se no entorno da estação de Goiânia.

Na Figura 3a, está apresentada a distribuição espacial das probabilidades em porcentagem de sequências de dois dias chuvosos, nas regiões central e sudeste do Estado de Goiás para o mês de janeiro.

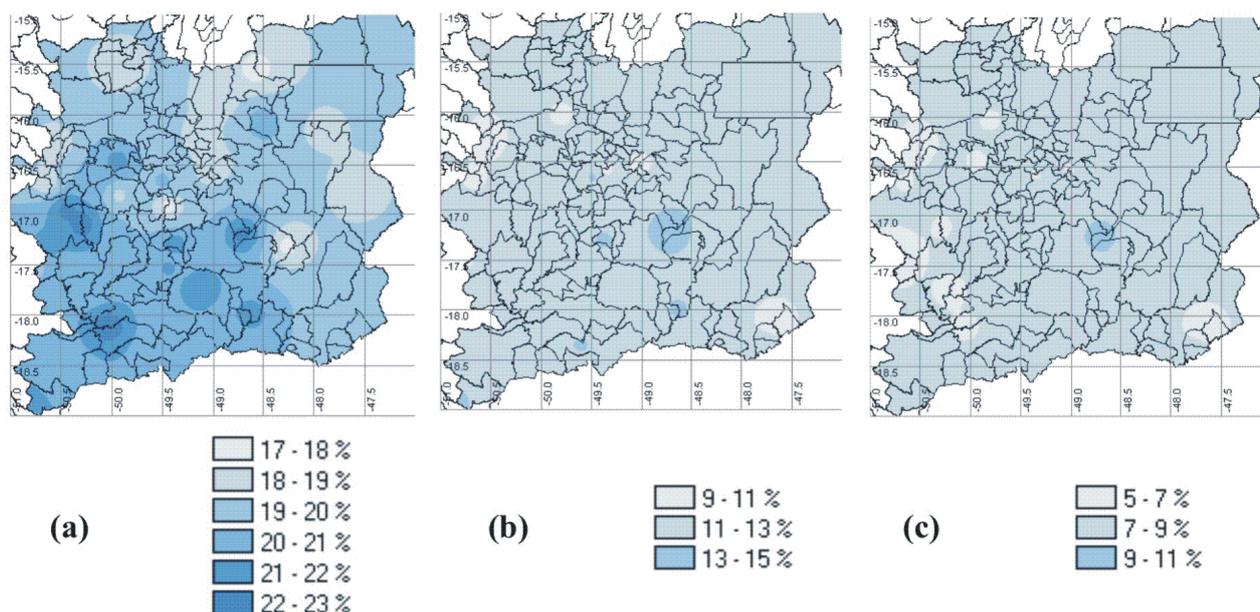


FIGURA 3. Distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de sequências de dois dias (a), três dias (b) e quatro dias (c) nas regiões central e sudeste do Estado de Goiás para janeiro. **Spatial distribution of sequence probability of 2 days (a) 3 days (b) and 4 days (c) for central and Southeast regions of the State of Goiás for January.**

Observa-se que a faixa de 17% a 20% de probabilidade de sequências de dois dias chuvosos se localiza no noroeste, norte, nordeste, oeste, centro, leste, sudoeste, sul e sudeste da região, sendo que a faixa de 17% a 19% se localiza no noroeste, norte, nordeste, oeste, centro, leste e sul. A faixa de 20% a 23% encontra-se localizada no noroeste, oeste, centro, leste, sudoeste, sul e sudeste da região em estudo e no entorno das estações de Trindade e Ponte Anápolis-Brasília, sendo que a faixa de 22% a 23% se situa no entorno das estações de Paraúna, Fazenda Nova do Turvo, Fazenda Aliança e Cristianópolis.

Na Figura 3b, apresenta-se a distribuição espacial da probabilidade, em porcentagem de sequências de três dias, para as regiões central e sudeste do Estado de Goiás para janeiro. Observa-se que a faixa de 9% a 13% de probabilidade de sequências de três dias praticamente predomina em toda a região, sendo que a faixa de 9% a 11% se encontra localizada no entorno das estações de Cachoeira de Goiás, Córrego do Ouro, Itaberaí, Goiânia, Goianápolis e Fazenda São Domingos. A faixa de 13% a 15% localiza-se no oeste, centro, sudoeste e sul da área em estudo, no entorno das estações de Trindade, Cristianópolis, Cromínia, Marzagão, Ponte Meia Ponte e Cachoeira Alta.

Na Figura 3c, está apresentada a distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de sequências de quatro dias para as regiões central e sudeste do Estado de Goiás para o mês de janeiro. A faixa de 7% a 9% de probabilidade de sequências de quatro dias praticamente predomina em toda a região. A faixa de probabilidade de 5% a 7% localiza-se no noroeste, norte, oeste, centro, sudoeste e sudeste, no entorno das estações de Córrego do Ouro, Itaberaí, Fazenda Paraíso, Ponte Rodagem, Anicuns, Goiânia, Ouro Verde de Goiás, Fazenda Nova do Turvo, Barra do Monjolo, Fazenda Aliança e Fazenda São Domingos, e a faixa de 9% a 11% localiza-se no centro da região, no entorno da estação de Cristianópolis.

Na Figura 4, mostra-se a distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de sequências de chuvas para as regiões central e sudeste do Estado de Goiás para o mês de fevereiro. Na Figura 4a, observa-se que a faixa de 20% a 22% de probabilidade de sequências de dois dias praticamente predomina na região em estudo. A faixa de 18% a 20% localiza-se no noroeste e esparsamente distribuída no norte, nordeste, oeste, centro, leste, sudoeste e sul da área em estudo, sendo que a faixa de 14% a 18%, no entorno de Córrego do Ouro. A faixa de 22% a 24% localiza-se no noroeste, norte, oeste, centro, sudoeste e sul, no entorno das estações de Goianópolis, Anicuns, Turvânia, Fazenda Nova do Rio Turvo, Pontalina, Morrinhos, Fazenda Aliança e Cachoeira Alta.

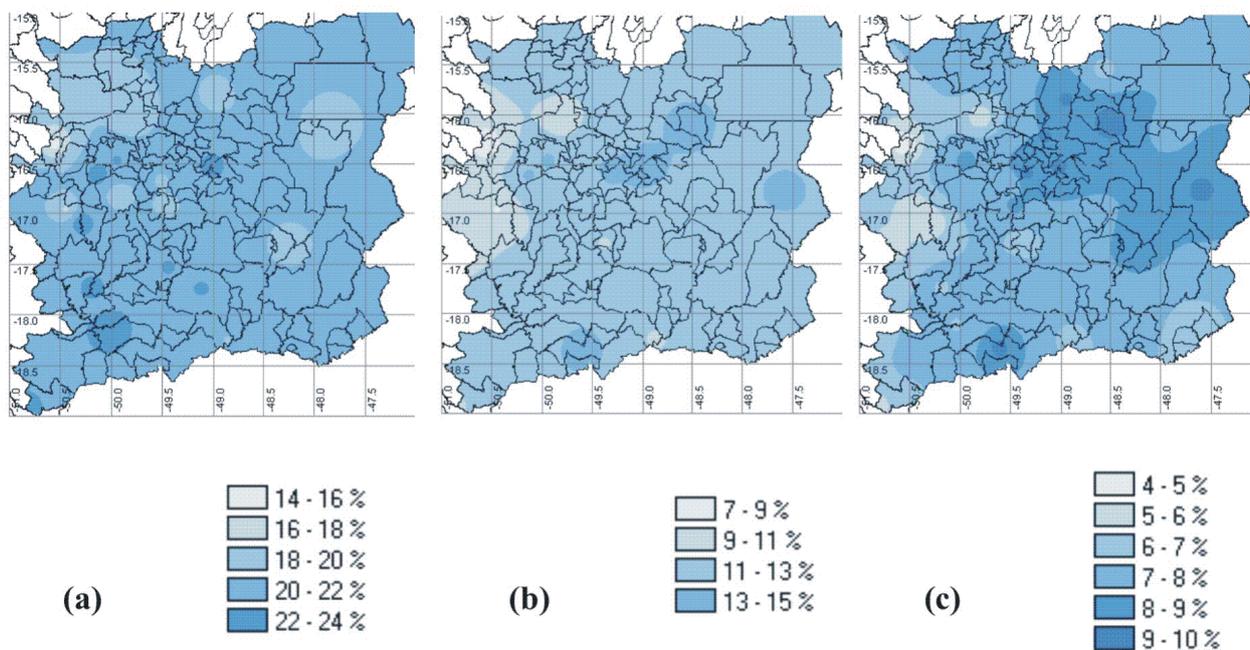


FIGURA 4. Distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de sequências de dois dias (a), três dias (b) e quatro dias (c) para fevereiro, nas regiões central e sudeste do Estado de Goiás. **Spatial distribution of sequence probability of 2 days (a) 3 days (b) and 4 days (c) for central and Southeast regions of the State of Goiás for February.**

Na Figura 4b, observa-se que a faixa de 7% a 11% se concentra no noroeste, oeste, centro, sudoeste e sul, sendo que a faixa de 7% a 9% se concentra no entorno das estações de Córrego do Ouro e Paraúna. A faixa de 11% a 13% predomina em quase toda a região. A faixa de probabilidade de 13% a 15% localiza-se no noroeste, norte, nordeste, oeste, centro, leste, sudoeste e sul, no entorno das estações de Anicuns, Ponte Anápolis-Brasília, Cristalina, Ponte Meia Ponte, Goiânia, Goianópolis e Turvânia.

Na Figura 4c, observa-se que a faixa de 7% a 8% de probabilidade de sequências de quatro dias praticamente predomina na região em estudo, sendo que a faixa de 4% a 7% se localiza nas regiões do noroeste, oeste, sudoeste e esparsamente no norte, nordeste, oeste, centro, sudoeste, sul e sudeste da região. A faixa de 4% a 6% encontra-se no entorno de Córrego do Ouro. A faixa de 8% a 10% localiza-se no norte, nordeste, oeste, centro, leste, sudeste e esparsamente no noroeste, oeste, sudoeste e sul, sendo que a faixa de 9 a 10% está distribuída ao redor das estações de Cristalina, Pirinópolis, Ponte Anápolis-Brasília, Goianópolis, Goiânia e Ponte Meia Ponte.

Na Figura 5, é apresentada a distribuição espacial da probabilidade, em porcentagem de sequências de dois dias (a), três dias (b) e quatro dias (c) para o mês de março, nas regiões central e sudeste do Estado de Goiás. A distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de sequências de dois dias para as regiões central e sudeste do Estado de Goiás, para o mês de março (Figura 5a), mostra que a faixa de 18% a 20% se localiza a noroeste, norte, oeste, centro e sudoeste

da região em estudo, no entorno das estações de Goianópolis, Córrego do Ouro, Cachoeira de Goiás, Aragoiânia, Barra do Monjolo e Fazenda Paraíso. A faixa de 20% a 22% de probabilidade de sequências de dois dias praticamente predomina na região em estudo. A faixa de 22% a 24% localiza-se no noroeste, norte, oeste, centro, leste, sudoeste e sul desta região. A faixa de 24% a 26% localiza-se somente no entorno da estação de Cachoeira Alta. Na Figura 5b, observa-se que a faixa de 8% a 12% de probabilidade de sequências de três dias se localiza no noroeste, oeste, centro, sudoeste e sul, e esparsamente no norte, nordeste, centro, leste, sul e sudeste da região em estudo, sendo que a faixa de 8% a 10% se encontra no entorno das estações de Cachoeira de Goiás, Córrego do Ouro e Fazenda Paraíso. A faixa de 12% a 14% praticamente predomina no norte, nordeste, centro e leste, e localiza-se também no noroeste, oeste, sudoeste, sul e sudeste da região, e a faixa de 14 a 16% localiza-se no entorno das estações Ouro Verde de Goiás e Goiânia.

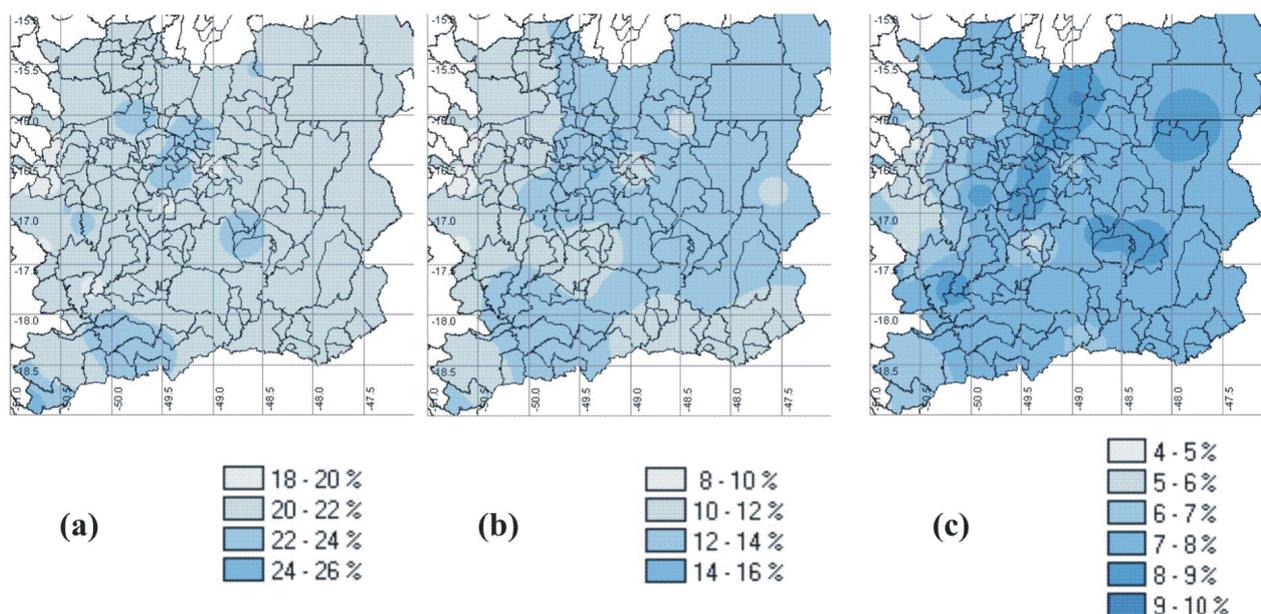


FIGURA 5. Distribuição espacial da probabilidade em porcentagem de sequências de dois dias (a), três dias (b) e quatro dias (c) para março, nas regiões central e sudeste do Estado de Goiás. **Spatial distribution of sequence probability of 2 days (a) 3 days (b) and 4 days (c) for central and Southeast regions of the State of Goiás for March.**

Na Figura 5c, observa-se que a faixa de 7% a 8% de probabilidade de sequências de quatro dias predomina em quase toda a área. A faixa de 4% a 7% localiza-se no noroeste, oeste e sudoeste, e esparsamente no norte, oeste, centro, sudoeste e sul da região em estudo. A faixa de 4% a 6% encontra-se no entorno das estações de Córrego do Ouro e Fazenda Paraíso. A faixa de probabilidade de 8% a 10% localiza-se no norte, oeste e centro, e esparsamente no nordeste, oeste, centro, leste e sudoeste da região em estudo, e a faixa de 9% a 10% fica no entorno da estação de Pirinópolis, Aragoiânia e Barra do Monjolo.

Os resultados apresentados nas Figuras 2 a 5 e, principalmente, nas Figuras 2b, 2c, 3b, 3c, 4b, 4c, 5b e 5c, mostra que as menores probabilidades de sequências de dias chuvosos foram constatadas no noroeste, oeste e sudoeste da região em estudo, e as maiores no nordeste, leste e sudeste desta região. As menores probabilidades podem estar associadas ao relevo da Serra Dourada, o que pode ser evidenciado nas localidades vizinhas, tais como Itaberaí, Cachoeira de Goiás, Córrego do Ouro e Fazenda Nova do Turvo.

Os resultados mostram ainda que ocorre uma grande variação espacial na probabilidade de ocorrência de dias chuvosos, expressa pela quantidade de classes. Com exceção das análises para três e quatro dias chuvosos, em janeiro (Figuras 3b e 3c), que apresentam somente três classes de

probabilidade, as demais análises foram representadas em quatro a sete classes, evidenciando esta variação espacial de porcentagem de probabilidade.

Os resultados apresentados nas Figuras 2 a 5 indicam que há variação do nível de risco de ocorrência de determinada sequência de dias chuvosos com o local, indicando que há locais com maior risco de chuvas na colheita de uma lavoura específica. Assim, para o mês de dezembro (Figura 2), a variação é de 17 a 23%, para sequência de dois dias chuvosos, de 9 a 16% para sequências de três dias chuvosos e de 5 a 12% para quatro dias chuvosos. Para o mês de janeiro (Figura 3), de 17 a 23%, para sequências de dois dias chuvosos, de 9 a 15% para três dias chuvosos e de 5 a 11% para quatro dias chuvosos. Para o mês de fevereiro (Figura 4), de 14 a 24%, para sequências de dois dias chuvosos, de 7 a 15% para três dias chuvosos e de 4 a 10% para quatro dias chuvosos. Já para o mês de março (Figura 5), esta variação foi de 18 a 26% para dois dias chuvosos, de 8 a 16% para três dias chuvosos e de 4 a 10% para quatro dias chuvosos.

Comparando as sequências de dois dias chuvosos entre si, verifica-se que ocorre maior variação espacial para o mês de dezembro (Figura 2a), com predominância das maiores probabilidades do centro (C) da região estudada em direção a oeste (W), sudoeste (SW), noroeste (NW) e sul (S) desta Figura, variando de 17 a 23%. Na Figura 3a, as probabilidades variam praticamente na faixa de 19 a 21%, nas Figuras 4a e 5a há predominância das probabilidades na faixa de 20 a 22%. Considerando que existe uma probabilidade de até 51% de ocorrência de um dia de chuva, associado à probabilidade de dois dias da ordem de 20% ou mais, é elevado o risco de danos à colheita de produtos que sejam muito sensíveis a elevada umidade.

As Figuras 2b, 3b, 4b e 5b (sequências de três dias chuvosos), 2c, 3c, 4c e 5c (sequências de quatro dias chuvosos) apresentam faixas de probabilidades abaixo de 10%, que são consideradas baixas, conforme Assis & VILLA NOVA (1994). Porém, mesmo nestas Figuras ocorrem faixas com mais de 10% de probabilidade de ocorrência. Nas Figuras 3b e 4b (sequência de três dias chuvosos para os meses de janeiro e fevereiro), com predominância da classe de 11 a 13%, e na Figura 4b (sequência de três dias chuvosos para o mês de março), com predominância de 12 a 14%, podem ser consideradas de médio risco de chuva à colheita. As Figuras 2c, 3c, 4c e 5c (sequências de quatro dias chuvosos) estão com todas as faixas de probabilidade abaixo deste limite e podem ser consideradas de baixo risco de chuva à colheita, com exceção das faixas de 10 a 12% na Figura 2c, e de 9 a 11% situada na Figura 3c.

Apesar da baixa probabilidade de ocorrência de dias chuvosos sequenciais nas regiões estudadas, somente o fato de haver de 14 a 24% de probabilidade de ocorrência de 2 dias sequenciais de chuvas nas regiões central e sudoeste de Goiás, a maior parte dos solos dessas regiões são Latossolos, com textura variando entre muito argilosa a média. Assim, dois dias seguidos de chuva durante o período de colheita de uma determinada cultura podem implicar um atraso de, pelo menos, uma semana na colheita, se isso ocorrer no mês de janeiro, por exemplo, onde há maior frequência de precipitação nessas regiões, pois o solo estará muito úmido, com umidade acima de seus limites de friabilidade, ou seja, impróprio para receber o trânsito de máquinas por tornar-se suscetível ao processo de compactação. A compactação do solo facilita o processo erosivo nas áreas de produção agrícola. Problemas causados pela necessidade de dias secos após a ocorrência de dias chuvosos sequenciais são reportados na literatura por MINUZZI et al. (2010) e PEREIRA et al. (2000) para soja, e CUNHA et al. (1998) para trigo.

Os resultados apresentados indicam grandes diferenças na ocorrência de sequências de dias chuvosos para as diferentes regiões estudadas. Estes valores podem servir de parâmetros para o estabelecimento de épocas de plantio e também para a realização de zoneamentos, os quais normalmente são realizados em função de uma demanda hídrica para o desenvolvimento da cultura, não sendo comum o estabelecimento de época de colheita.

CONCLUSÕES

O risco de chuva na colheita varia com o local, ocorrendo grande variabilidade nas probabilidades de sequências de dias chuvosos expressa pelo número de classes utilizadas.

As maiores probabilidades de ocorrência de sequências com dois dias chuvosos ocorreram nas regiões centro, sudoeste e sul, e três dias na região central e no entorno.

Ocorrência de sequências com quatro dias chuvosos ou mais apresentou baixa probabilidade.

A concentração das menores probabilidades nas regiões noroeste e oeste aponta uma possível influência do relevo da Serra Dourada.

REFERÊNCIAS

- ARAI, F.K.; GONÇALVES, G.G.G.; PEREIRA, S.B.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.; DANIEL, O. Espacialização da precipitação e erosividade na bacia hidrográfica do Rio Dourados – MS. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.5, p.922-931, 2010.
- ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. *Aplicações de estatística à climatologia*. Pelotas: Ed. Universitária, UFPel, 1996. 161 p.
- ASSIS, F.N.; VILLA NOVA, N.A. Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva em Piracicaba. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.51, n.3, p.172-182, 1994.
- CASTRO, E. da M. de; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. da. *Qualidade de grãos em arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Circular Técnica, 34).
- CAVALCANTE, D.G.; PINHEIRO, E.S.; MACEDO, M.A.; MARTINOT, J.F.; NASCIMENTO, A.Z.A.; MARQUES, J.P.C. Análise da vulnerabilidade ambiental de um fragmento florestal urbano na Amazônia: Parque Estadual Sumaúma. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v.22, n.2, p.391-403, 2010.
- CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; ASSAD, E.D. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do trigo no Rio Grande do Sul. *Boletim Fepagro*, Porto Alegre, v.5, n.1, p.1-8, 1998.
- DÉSTRO, G.F.G.; CAMPOS, S. Implantação de reservas legais: uma nova perspectiva na conservação dos recursos naturais em paisagem rural. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.8, p.887-895, 2010.
- DI STEFANO, J.G.; RABELO, R.R.; PEREIRA, G.V. *Construindo uma boa planta de feijão*. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 40 p. (Documentos, 101).
- FIGUEIREDO, S.R.; GIASSON, E.; TORNQUIST, C.G.; NASCIMENTO, P.C. Uso de regressões logísticas múltiplas para mapeamento digital de solos no planalto médio do RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v.32, p.2779-2785, 2008, Número especial.
- LOPES, F.; MERTEN, G.H.; FRANZEN, M.; GIASSON, E.; HELFER, F.; CYBIS, L.F.A. Utilização de P - Index em uma bacia hidrográfica através de técnicas de geoprocessamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.3, p.312-317, 2007.
- MARCHEZAN, E.; CODOY, O. P.; FILHO, J. M. Relações entre épocas de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.7, p.843-848, 1993.
- MEIRELES, E.J.L.; PEREIRA, A.R.; SENTELHAS, P.C.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás-GO. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.1, p.163-171, 2003.

MENEZES, H.E.A.; BRITO, J.I.B.; RHODOLFFO, A.F. A.L. Veranico e a produção no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.2, p.181-186, 2010.

MINUZZI, A.; LUCA E BRACCINI, A.; RANGEL, M.A.S.; SCAPIM, C.A.; BARBOSA, M.C.; ALBRECHT, L.A. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no Estado do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v.32, n.1, p.176-185, 2010.

PEREIRA, E.B.C.; PEREIRA, A.V.; FRAGA, A.C. Qualidade de sementes de cultivares precoces de soja produzidas em três épocas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.8, p.1653-1662, 2000.

SILVA, R.M.; PEREIRA E SILVA, L.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C.A.G. Análise da variabilidade espaço temporal e identificação do padrão da bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v.22, n.2, p.357-372, 2010.

SIMIDU, H.M.; SÁ, M.E.; SOUZA, L.C.D.; ABRANTES, F.L.; SILVA, M.P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto, em região do cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v.32, n.2, p.309-315, 2010.

SMIDERLE, O. J.; DIAS, C.T.S. Época de colheita e armazenamento de sementes de arroz produzidas no cerrado de Roraima. *Revista agro@mbiente*, Roraima, v.5, n.1, p.18-23, 2011.