

Zoneamento agroclimático do milho “safrinha” para a primeira dezena de fevereiro em Goiás, Brasil

Raphael Maia Aveiro Cessa¹

Felipe Gimenes Rues Silva²

Givaldo Dantas Sampaio Neto³

Nilton Nélio Cometti⁴

Resumo

O zoneamento agroclimático facilita o entendimento das orientações sobre as localidades mais aptas de cultivo das espécies vegetais por meio de mapas, minimizando riscos de perda de produtos em decorrência de adversidades climáticas. Objetivou-se com o presente estudo um zoneamento agroclimático para cultivo do milho “safrinha” não irrigado, no estado de Goiás, semeado na primeira dezena de fevereiro. As etapas metodológicas foram: delimitação das faixas representativas das exigências climáticas da cultura; espacialização dos elementos climáticos da região; reclassificação espacial dos elementos climáticos com base nas exigências climáticas da cultura; elaboração do mapa de zoneamento agroclimático. Fez-se uso das temperaturas do ar média, mínima e máxima, da precipitação acumulada, da evapotranspiração real da cultura e da umidade relativa do ar, entre os meses de fevereiro e julho dos anos de 2013 a 2017. As áreas mais aptas ao cultivo do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás estabelecidas pelo zoneamento agroclimático estão concentradas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste do estado. Tal favorecimento de aptidão é dado pela presença expressiva da classe de solo Latossolo, bem como pela proximidade dos valores dos elementos climáticos, precipitação acumulada, temperatura e altitude, adequados ao desenvolvimento do milho safrinha.

Palavras-chave: Chuvas. Agricultores. Mapas.

Introdução

O zoneamento agroclimático é uma ferramenta útil aos técnicos e agricultores. Disponibilizado por meio de mapa, facilita o entendimento das orientações sobre as localidades mais aptas de cultivo das espécies vegetais, minimizando riscos de perda de produtos em decorrência de adversidades climáticas (LANDAU et al., 2013). Importante ressaltar que zoneamentos agroclimáticos não contemplam o cultivo em áreas de preservação obrigatória de acordo com a Lei nº 12.727 de 2012 (novo Código Florestal).

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. raphael.cessa@ifb.edu.br. Rodovia BR 128, km 21, Zona Rural de Planaltina, Brasília, Distrito Federal, CEP: 73380-900.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso – *Campus* Confresa, Engenheiro Florestal. felipe.silva@cfs.ifmt.edu.br.

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – *Campus* Diamantino, Engenheiro Agrônomo. givaldo.neto@dmf.ifmt.edu.br.

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – *Campus* Planaltina, Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico – Área Agronomia. nilton.cometti@ifb.edu.br.

O cultivo de espécies agrícolas depende da adaptação dessas às condições edafoclimáticas; é necessário que os componentes climáticos sejam semelhantes aos dos locais de origem das plantas – ou dos locais onde foram melhoradas geneticamente – de acordo com as exigências das espécies, sendo isso a base dos zoneamentos agroclimáticos (LANDAU et al., 2013; FRITZSONS et al, 2016).

Consenso entre técnicos e agricultores, a época de semeadura do milho safrinha no estado de Goiás associada a menores riscos climáticos e elevada produtividade é a primeira dezena de fevereiro. Isso porque a semeadura precoce permite que a planta “escape” de déficit hídrico em estágios fenológicos, como floração e enchimento de grãos; o período também apresenta menores valores de precipitação acumulada. Esses fatores são importantes ao ciclo completo de desenvolvimento do milho (HEINEMANN et al., 2009). Ainda, semeaduras tardias fazem com que parte expressiva do ciclo da planta seja contemplado por temperaturas mais elevadas, que interferem nos aspectos fisiológicos da planta, como fotorrespiração e respiração (MARENCO; LOPES, 2013).

Objetivou-se com o presente estudo um zoneamento agroclimático para cultivo do milho “safrinha” não irrigado, em Goiás, semeado na primeira dezena de fevereiro.

Material e métodos

Os atributos necessários à rasterização para obtenção de mapas foram: temperaturas média, mínima e máxima, umidade relativa do ar, evapotranspiração real e precipitação acumulada (dados climáticos), classes de solo, altitude e declividade do terreno.

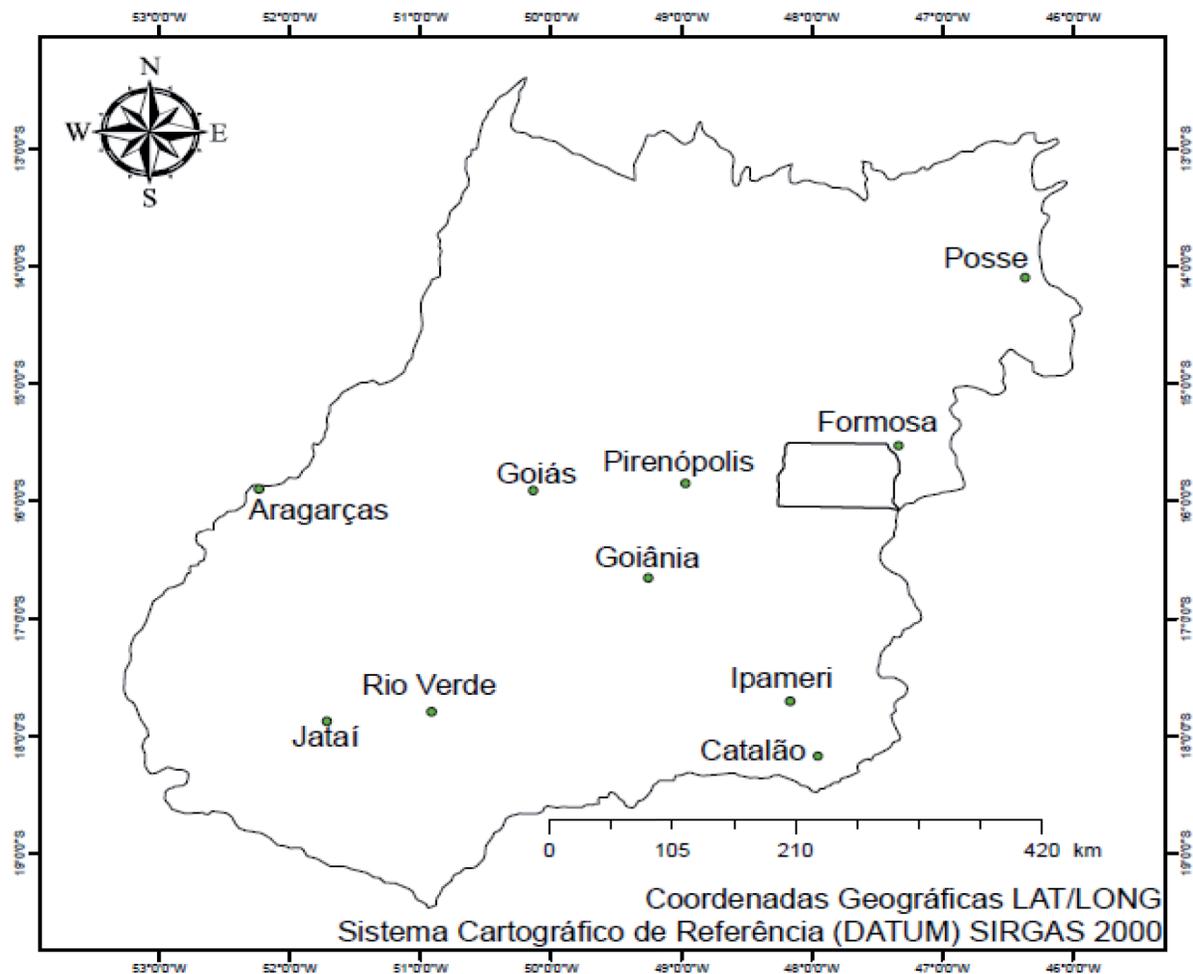
Para confecção do mapa de zoneamento agroclimático fez-se necessária a conversão de dados vetoriais em formato matricial, o que possibilitou o desenvolvimento das operações de álgebra de mapas, por meio do aplicativo computacional ArcGIS 10.1 em sua função *kriging*. O sistema de coordenadas geográficas e de projeção cartográfica utilizados foram respectivamente Latitude/Longitude e SIRGAS 2000 (Datum).

As etapas metodológicas utilizadas na elaboração de um zoneamento agroclimático constam da delimitação das faixas representativas das exigências climáticas da cultura, espacialização dos elementos climáticos da região, reclassificação espacial dos elementos climáticos da região, com base nas exigências climáticas da cultura, e elaboração do mapa de zoneamento agroclimático, o qual delimita as áreas em que há concordância, não concordância ou restrições entre as exigências climáticas da cultura e os limites permissíveis dos índices climáticos para a cultura (SANTOS et al., 2015).

Os dados climáticos foram extraídos das séries históricas do Instituto Nacional de Meteorologia, provenientes das estações meteorológicas automáticas localizadas no Estado de Goiás, considerando a primeira dezena de fevereiro entre 2013 e 2017.

Para cada elemento climático em cada estação meteorológica automática, obteve-se a média mensal entre os meses de fevereiro e julho – período de cultivo do milho safrinha em Goiás – e, posteriormente, com a média mensal, estimou-se a média do período entre os anos de 2013 e 2017. Assim, cada estação meteorológica automática (FIGURA 1) continha um valor médio do período de cada elemento climático, formando um gride amostral para produção de mapas de isolinha pelo modelo krigagem.

Figura 1 – Localização das estações meteorológicas automatizadas do Instituto Nacional de Meteorologia



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Os mapas de altitude e declividade do Estado de Goiás foram obtidos por meio da geração do modelo digital de elevação do terreno produzidos pelos sensores ativos Shuttle Radar Topography Mission. Com esses dados vetoriais, gera-se o modelo numérico de terreno rasterizado para confecção do mapa de altitude e declividade. O mapa de classes digital de solo foi disponibilizado na extensão computacional *shapfile* pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás, na escala 1:100.000.

Inicialmente, criou-se um mapa de zoneamento climático para a cultura do milho safrinha não irrigado na primeira dezena de fevereiro no Estado de Goiás por meio do aplicativo computacional ArcGIS 10.1. A partir de dados vetoriais, confeccionaram-se mapas no formato raster dos elementos climáticos citados anteriormente e que foram reclassificados (função *reclassify* do Arc GIS 10.1) segundo as classes e os coeficientes descritos nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, resultando no mapa de zoneamento.

Tabela 1 – Faixas, classes para precipitação acumulada e coeficientes

Faixa precip. acumulada	Classe	Coeficientes
≤550 mm	Baixa	4
>550 mm a 650 mm	Boa	7
>650 mm a 750 mm	Adequada	10

600 mm: precipitação acumulada média utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli (1991) e Pegorare et al. (2015).

Tabela 2 – Faixas, classes para temperatura mínima do período entre fevereiro e julho e respectivos coeficientes

Faixas de temperatura mínima	Classe	Coeficientes
16,5°C a 18°C	Razoável	1
>18°C a 19°C	Boa	2
>19°C a 20,5°C	Adequada	3

10,0°C: temperatura mínima para desenvolvimento das pantas de milho utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

Tabela 3 – Faixas, classes para temperatura média e respectivos coeficientes

Faixa de temperatura média	Classe	Coeficientes
<23°C	Razoável	1
≥23°C a 24°C	Boa	2
≥24°C a 25°C	Adequada	3

25,0°C: temperatura média para desenvolvimento das pantas de milho utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

Tabela 4 – Faixa, classes para temperatura máxima e respectivos coeficientes

Faixa de temperatura máxima	Classe	Coeficientes
29°C a 30°C	Adequada	3
>30°C a 31°C	Razoável	2
>31°C a 32,5°C	Elevada	1

35°C: temperatura máxima para desenvolvimento das pantas de milho utilizada como referência para criação das classes.

Fonte: Fancelli e Dourado Neto (2000).

Tabela 5 – Faixa, classes para umidade relativa e respectivos coeficientes

Faixa de umidade relativa	Classe	Coeficientes
66% a 67%	Razoável	1
>67% a 68%	Boa	2
69,0% a 70%	Adequada	3

70%: umidade relativa ideal ao desenvolvimento das plantas de milho.

Fonte: adaptado de Fancelli (2015).

Tabela 6 – Faixas, classes para evapotranspiração real acumulada e respectivos coeficientes

Faixa de evapotranspiração real	Classes	Coeficientes
421,0 mm a 426,0 mm	Desfavorável	1
>426,0 mm a 430,0 mm	Razoável	2
>430,0 mm a 435,0 mm	Boa	3

450 mm: evapotranspiração real acumulada de referência durante o ciclo de desenvolvimento das plantas de milho.

Fonte: adaptado de Souza et al. (2012).

Utilizando mapas reclassificados e rasterizados dos elementos climáticos e a função *raster calculator* do Arc GIS 10.1 pelo modelo algébrico: (precipitação acumulada x peso 40)+(temperatura média x peso 30)+(evapotranspiração real x peso 10)+(umidade relativa x peso 10)+(temperatura mínima x peso 5)+(temperatura máxima x peso 5), criou-se um mapa rasterizado, o qual foi reclassificado segundo a Tabela 7, originando o mapa do zoneamento climático (FIGURA 2).

Tabela 7 – Classes e coeficientes utilizados no zoneamento climático

Faixas de condições climáticas	Coeficientes
Apta	10
Apta com alguma restrição climática	8
Restrita	5
Muito restrita	3
Inapta	1

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Ainda, foram obtidos mapas rasterizados (FIGURA 2) do modelo numérico de terreno (MNT), classes de solo e declividade, os quais foram reclassificados segundo classes e os coeficientes descritos nas Tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8 – Faixas, classes para altitude e respectivos coeficientes

Faixa Altitude	Classe	Coeficientes
< 700,0 m	Razoável	5
> 700,0 m	Ideal	8

De acordo com EMBRAPA (2018, a e b), maiores produtividades de grãos de milho são obtidas em altitudes superiores a 700,0 m.

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Tabela 9 – Faixas de classes de solo, classes e respectivos coeficientes

Faixa de classe de solo	Classes	Coeficientes
Afloramento	Inapto	1
Neossolos	Inapto	2
Gleissolos	Muito restrito	2
Plintossolos	Muito restrito	3
Cambissolos	Restrito	5

Faixa de classe de solo	Classes	Coefficientes
Planossolos	Restrito	5
Argissolos	Apto	7
Latossolos	Apto	10
Chernossolos	Apto	10

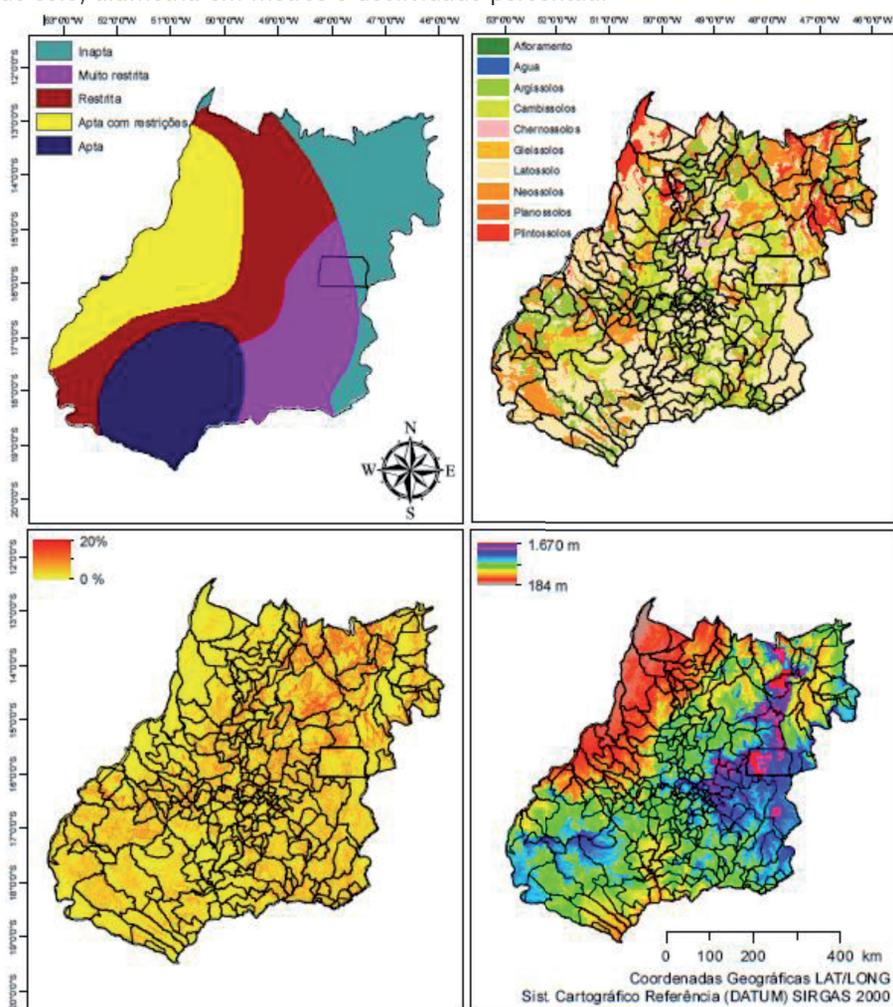
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Tabela 10 – Faixas, classes para declividade e respectivos coeficientes

Declividade	Classe	Coefficientes
0,0% a 5,0%	Extremamente apta	4
>5,0% a 10,0%	Muito apta	3
>10,0% a 15,0%	Apta	2
>15,0% a 20,0%	Moderadamente apta	1

Fonte: Höfig e Araujo-Junior (2015).

Figura 2 – Zoneamento climático do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás, classes de solo, altimetria em metros e declividade percentual



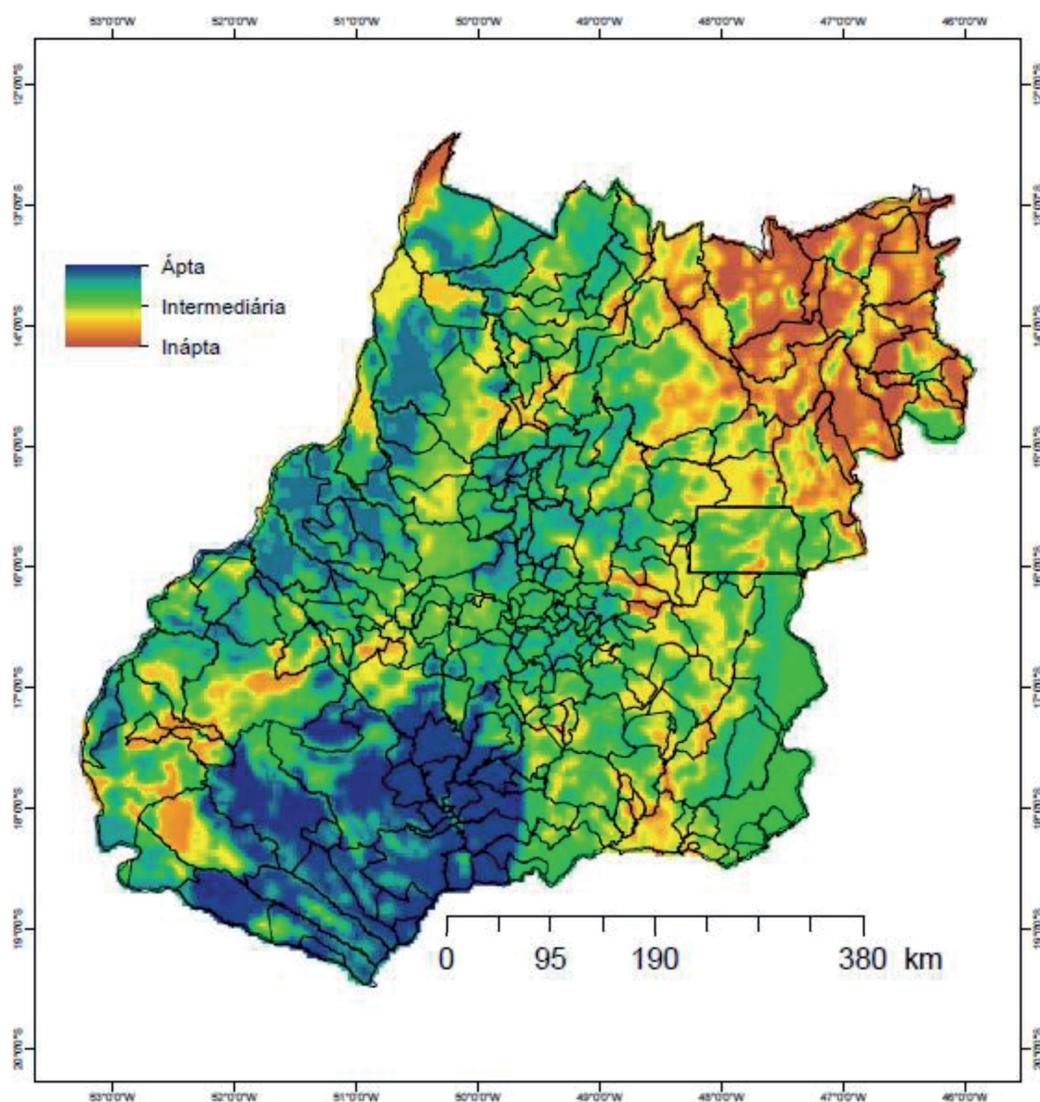
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Por fim, procedeu-se à interposição dos mapas reclassificados das classes do solo, declividade, MNT e zoneamento climático pela função *raster calculator* do Arc GIS 10.1, utilizando o modelo algébrico: (classe de solo x peso 50)+(zoneamento climático x peso 30)+(MNT x peso 10)+(declividade x peso 10). No mapa rasterizado da interposição foram inseridas as classes apta, intermediária e inapta.

Resultados e discussão

No Estado de Goiás, a Região Sul-Sudoeste e partes da Região Noroeste concentram as maiores porções de áreas mais aptas do zoneamento, seguidas pelo Sudeste Goiano (FIGURA 3). A Região Nordeste concentra áreas de menores aptidões ou até mesmo inaptas.

Figura 3 – Zoneamento agroclimático do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro em Goiás



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

As Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste possivelmente foram as mais aptas (FIGURA 3) no presente zoneamento agroclimático, em virtude da presença da classe de solos Latossolo e condições climáticas favoráveis ao cultivo do milho, com temperaturas médias (25°C) e precipitações acumuladas no período estudado (600 mm) próximas àquelas ideais à cultura do milho safrinha. Tal possibilidade é sustentada uma vez que as classes de solo e o zoneamento climático tiveram “pesos” de 50% e 30% respectivamente na construção do presente zoneamento agroclimático.

Na Região Nordeste, contendo áreas de menor aptidão ou inaptas (FIGURA 3), estão presentes classes de solos Plintossolo, Gleissolo e Neossolo, bem como valores de precipitação acumulada abaixo daquele de referência (600 mm) e temperaturas máximas maiores, mas não acima da máxima para a cultura 35°C, do que aquelas observadas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste, o que classifica a Região Nordeste como “restrita” no mapa de zoneamento climático (FIGURA 2).

A referida variação de temperatura no parágrafo anterior, quando se comparou o Sudoeste e Sul com o Noroeste e Norte, é influenciada pela altitude (FRITZSONS et al., 2016) e foi relatada por Nimer (1979), que atribuiu à latitude maiores temperaturas no Norte (24°C) e menores no Sul (22°C), enquanto o relevo favorece maiores temperaturas médias próximas a 22°C em locais de menores altitudes, diminuindo para 20°C em áreas mais elevadas. Esta variabilidade espacial também foi encontrada por Marcuzzo e Faria (2012) que, ao espacializarem a temperatura média anual do Estado de Goiás e Distrito Federal, observaram médias anuais entre 26°C e 27°C no Noroeste (menor latitude e altitude) em comparação ao Sudeste e Leste (maior latitude e altitude) com valores entre 20°C e 22°C.

Em 2005, Ribeiro et al. (2005) já constatavam que Goiás, em especial a Região Sudoeste, tinha condições de solo e clima favoráveis à produção de grãos, com elevado percentual de solos com textura média a argilosa em grandes planícies e chapadões e precipitação pluvial concentrada nos meses de setembro a maio. Além disso, os referidos autores afirmavam que o sistema de safrinha passaria por transformações ao longo dos anos, assim como todo sistema de produção agrícola.

Naturalmente, os programas ininterruptos de pesquisa em novos sistemas de cultivo de milho safrinha e de melhoramento genético possibilitam o cultivo de plantas em localidades antes tidas como inaptas. As alterações climáticas também podem alterar o zoneamento agroclimático no sentido da localização e do desempenho das plantas em termos produtivos.

Minuzzi e Lopes (2015), estudando cenários climáticos futuros para cultivo de milho safrinha na Região Centro-Oeste do Brasil, identificaram que haverá redução na duração do ciclo da planta devido a esse estar baseado no conceito dos graus-dia acumulado. Como as projeções sugeriram elevação da temperatura, a cultura do milho safrinha vai atingir seu requerimento de energia para completar seu ciclo mais cedo. As reduções do ciclo no milho safrinha para o Centro-Oeste são de dois a oito dias em curto prazo (2016-2035) e de seis a onze dias em médio prazo (2046-2065). Para o Sul de Goiás, representado no estudo dos referidos autores pelo município de Rio Verde, haverá no cenário de curto prazo reduções no ciclo e produtividade aproximadamente de 11 dias e 0,802 t ha⁻¹, respectivamente. Para o cenário de curto prazo, os valores são de 16 dias e 0,937 t ha⁻¹.

Conclusão

As áreas mais aptas ao cultivo do milho safrinha não irrigado semeado na primeira dezena de fevereiro no estado de Goiás, estabelecidas pelo zoneamento agroclimático, estão concentradas nas Regiões Sul-Sudoeste e Noroeste. Tal favorecimento de aptidão é dado pela presença expressiva da

classe de solo Latossolo, bem como pela proximidade dos valores dos elementos climáticos precipitação acumulada, temperatura e altitude adequados ao desenvolvimento do milho safrinha.

Agroclimatic zoning of off-season (*safrinha*) corn for the first ten days of February in Goiás, Brazil

Abstract

Through maps, agroclimatic zoning can help us understand the guidelines for the most suitable locations for sowing, minimizing risks of produce loss due to climatic adversities. The aim of the present study is to develop an agroclimatic zoning for the cultivation of a non-irrigated off-season (*safrinha*) corn in the state of Goiás, sown in the first ten days of February. The methodological steps were the delimitation of the representative bands of the climatic requirements for the crop; the spatialization of the climatic elements in the region; the spatial reclassification of climatic elements based on the climatic requirements for the crop; elaboration of the agroclimatic zoning map. Average, minimum, and maximum air temperature, accumulated precipitation, actual crop evapotranspiration and relative humidity of the air registered between February and July for the years 2013 to 2017 were used. The most suitable areas for the cultivation of the non-irrigated off-season corn sown in the first ten days of February in Goiás established by the agroclimatic zoning are concentrated in the South-Southwest and Northwest regions. The expressive presence of Latosol soil class and the proximity of the values of the climatic elements accumulated precipitation, temperature and altitude, which are proper for the development of the off-season corn, favour suitability of the areas.

Keywords: Rain. Farmers. Maps.

Referências

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho Centro Precoce 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1347058/27288493/ENCPN2016-17.pdf/f15b3eac-e264-c730-847a-705393648b1c>. Acesso em: 15 maio 2018a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho centro superprecoce 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1347058/27288493/ENCSP2016-17.pdf/03b4ca53-38ae-b2e0-80e9-d63f9e812aca>. Acesso em: 15 maio 2018b.

FANCELLI, A. L. Milho e feijão: elementos de manejo em agricultura irrigada. In: DOURADO NETO, D.; SAAD, A. M.; JONG VAN LIER, Q. **Fertirrigação**: algumas considerações. Piracicaba:ESALQ, Depto. de Agricultura, 1991. p.156-167.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 13, p. 24 – 29, 2015.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, n. 1, p. 80 – 92, 2016.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T. de; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; PAZ, R. L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

HÖFIG, P.; ARAUJO-JUNIOR, C. F. Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do Paraná. **Coffee Science**, v. 10, n. 2, p. 195 - 203, 2015.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P. **Mapeamento das épocas aptas para o plantio de milho consorciado com braquiária na segunda safra agrícola no Brasil**. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA CNPMS, 2013. 15 p. (Circular Técnica nº 187).

MARCUZZO, F.; FARIA, T. G.; PINTO FILHO, R. F. Chuvas no estado de Goiás: análise histórica e tendência futura. **ACTA Geográfica**, v. 6, n. 12, p. 125-137, 2012.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal - fotossíntese respiração relações hídricas nutrição mineral**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 486 p.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 19, n. 12, p. 734-740, 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.

PEGORARE, A. B.; FEDATO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, P. L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2015.

RIBEIRO, P. H. E.; CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C. Características do sistema de produção de milho safrinha no estado de Goiás. SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8, 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2005. p. 91–104.

SANTOS, A. R. dos; RIBEIRO, C. A. A. S.; SEDIYAMA, G. C.; PELUZIO, J. B. E.; PEZZOPANE, J. E.; BRAGANÇA, R. **Zoneamento agroclimático no ArcGIA 10.3.1: passo a passo**. Alegre-ES: CAUFES, 2015. 58p.

SOUZA, A. P. de; LIMA, M. E. de; CARVALHO, D. F. de. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucunacinha, usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 142-149, 2012.

Submetido em: 03/02/2019

Aceito em: 17/06/2019