

INFLUÊNCIA DO CLIMA NA PRODUTIVIDADE DE SOJA NO MATO GROSSO DO SUL

SANTOS, G. M.¹; TORSONI, G. B.¹; CHIQUITTO, A. C.¹; MORAES, J. R.¹; APARECIDO, L. O.²

¹IFMS, Campus Naviraí; ²IFRSul de Minas, Campus Muzambinho.

RESUMO

O cultivo da soja é de extrema importância no Mato Grosso do Sul e em todo o planeta, e à inerente complexidade do sistema agrícola, esse trabalho tem como objetivo verificar a influência do clima na produtividade de soja no Mato Grosso do Sul usando estatística. Foram utilizados dados meteorológicos e de produtividade de soja obtidos em 47 localidades do estado de Mato Grosso do Sul. Foram utilizados dados meteorológicos diários de temperatura do ar (T , °C), precipitação (P , mm), irradiância solar global (Q_g , $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$), velocidade do vento (u_2 , m s^{-1}), saldo de radiação (R_n , $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$) e umidade relativa (UR , %) do sistema NASA-POWER do período de 2002 a 2021. Para cada ponto de coleta foi calculada a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método padrão da FAO e o balanço hídrico (BH) conforme Thornthwaite e Mather (1955). Para verificar a influência no clima na produtividade de soja foi usado a análise de correlação univariada de Pearson. Todas as análises foram feitas usando o software Python 3.8. As variáveis climáticas demonstraram grande variabilidade espacial e sazonal em todo Mato Grosso do Sul (MS). As correlações univariadas de Pearson entre a produtividade de soja e as variáveis climáticas do período fenológico demonstraram relações distintas e intensidades diversas. Por exemplo, o armazenamento de água no solo (ARM) demonstrou correlações negativas, neutras e positivas em outubro, novembro e dezembro, respectivamente.

Palavras-chave: Crop modelling; Mapeamento climático; zonas de produção; Bigdata.

INTRODUÇÃO

O clima é um dos principais fatores causadores da queda na produtividade da soja (SENTELHAS et al., 2015), e dentre as variáveis climáticas, o déficit hídrico é um dos elementos que mais limitam a produção (BATTISTI; SENTELHAS; BOOTE, 2017), sendo a condição hídrica no solo um indicador sensível à expressão em rendimento de grãos (MARTORANO et al., 2009). (CÂMARA, 1991) também relataram que à variação nos fatores meteorológicos em uma região de cultivo, ocorre redução no crescimento, desenvolvimento e produção da soja.

Em condições climáticas adequadas, a soja pode apresentar todo seu potencial produtivo e, conseqüentemente expressar em aumento de produtividade, desde que não haja outros fatores limitantes (SMIDERLE et al., 2019). Dentre os elementos meteorológicos, a temperatura do ar, a radiação solar, a umidade do solo e deficiência hídrica são determinantes sobre a eficiência dos processos fisiológicos nas plantas (BATTISTI; SENTELHAS; BOOTE, 2017).

Apesar de muitos artigos tratarem da relação entre o clima e a produtividade da soja, até este momento não foi encontrada nenhuma publicação nacional ou internacional que aplique o

conhecimento da variação da produtividade de soja a partir das condições climáticas. Devido à importância do cultivo da soja no Mato Grosso do Sul e à inerente complexidade do sistema agrícola, esse trabalho tem como objetivo Influência do clima na produtividade de soja no Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados Meteorológicos e de produtividade de soja

Foram utilizados dados meteorológicos e de produtividade de soja obtidos em 47 localidades do estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1). Os dados de soja foram obtidos da APROSOJA.

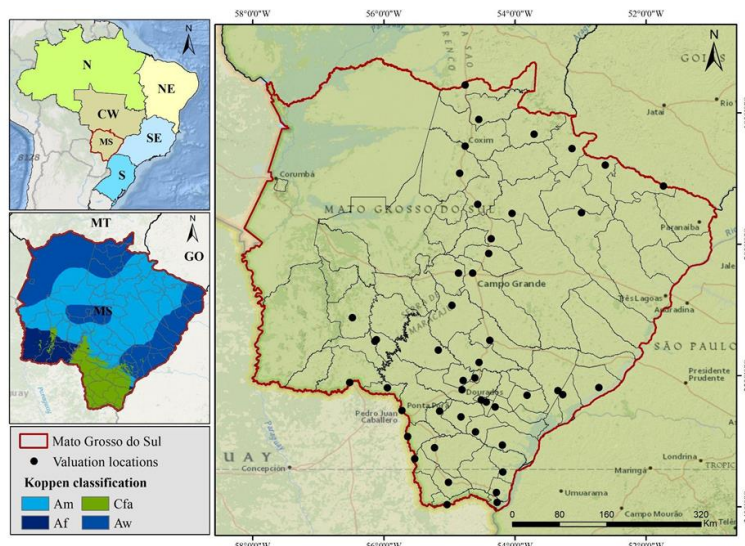


Figura 1. Localização geográfica das regiões produtoras de soja no Mato Grosso do Sul, Brazil.

Foram utilizados dados meteorológicos diários de temperatura do ar (T , °C), precipitação (P , mm), irradiância solar global (Q_g , $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$), velocidade do vento (u_2 , m s^{-1}), saldo de radiação (R_n , $\text{MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$) e umidade relativa (UR , %) do sistema NASA-POWER do período de 2002 a 2021. Os dados serão coletados respectivamente, em cada coordenada geográfica referente a cada ponto de produtividade da soja fornecido pela cooperativa. O grid do sistema NASA-POWER é de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ (aproximadamente $56 \text{ km} \times 56 \text{ km}$) e os dados são provenientes de vários sistemas globais de medidas de superfície e de sensoriamento remoto, como também de modelagem meteorológica.

Para cada ponto de coleta foi calculada a evapotranspiração de referência (E_{To}) pelo método padrão da FAO, proposto por Penman-Monteith (ALLAN; PEREIRA; SMITH, 1998),

considerando o fluxo de calor sensível no solo igual a 5% da radiação líquida. Foi calculado também o balanço hídrico (BH) conforme Thornthwaite e Mather (1955).

Para verificar a influência dos elementos climáticos na variação da produtividade de soja do MS foi utilizado a análise de correlação de Pearson (Equação 1). O valor da correlação assume apenas valores entre -1 e 1. Valores próximos de 1 significa uma correlação perfeita positiva entre as duas variáveis. Valores próximos de -1 significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui. Valores próximos de zero significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}} \quad (1)$$

Interpretando o valor de ρ (correlação)

- 0.9 a 1 positivo ou negativo indica uma correlação muito forte.
- 0.7 a 0.9 positivo ou negativo indica uma correlação forte.
- 0.5 a 0.7 positivo ou negativo indica uma correlação moderada.
- 0.3 a 0.5 positivo ou negativo indica uma correlação fraca.
- 0 a 0.3 positivo ou negativo indica uma correlação desprezível.

Análise Geoestatística

Os dados climáticos foram espacializados para todas as regiões do MS (Figure 1), utilizando o sistema de informações geográficas (SIG) pelo método de krigagem (KRIGE, 1951), usando modelo esférico com um vizinho e uma resolução espacial de 26 km.

Todas as análises foram feitas com a linguagem de programação Python (<https://www.python.org/>, versão 3.7.3 ou superior) que permite o trabalho com grandes conjuntos de dados..

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis climáticas demonstraram grande variabilidade espacial e sazonal em todo Mato Grosso do Sul (MS). Por exemplo, para a variável temperatura do ar (Tar) a variação foi de 20.2 a 30.0 °C, para as regiões Sul e Norte do MS, respectivamente (Figura 2.a). Esses

resultados são comprovados por outros autores como (Alvares et al. 2013) e (Aparecido et al. 2020) Em relação a variabilidade sazonal vale a pena ressaltar que as menores T ocorrem em junho e as maiores em janeiro (Figura 2). Corumbá é uma localidade predominante nesta região de maior T do MS. Para a variável armazenamento de água (ARM) a distribuição espacial demonstrou que os mais alto ARM ocorrem da região centro para o Sul, regiões essas com ARM acima de 360 mm anual e apresentando um grande potencial climático na produção de soja, na qual se obtêm as maiores produções de todo estado (CONAB, 2021) (Figura 2).

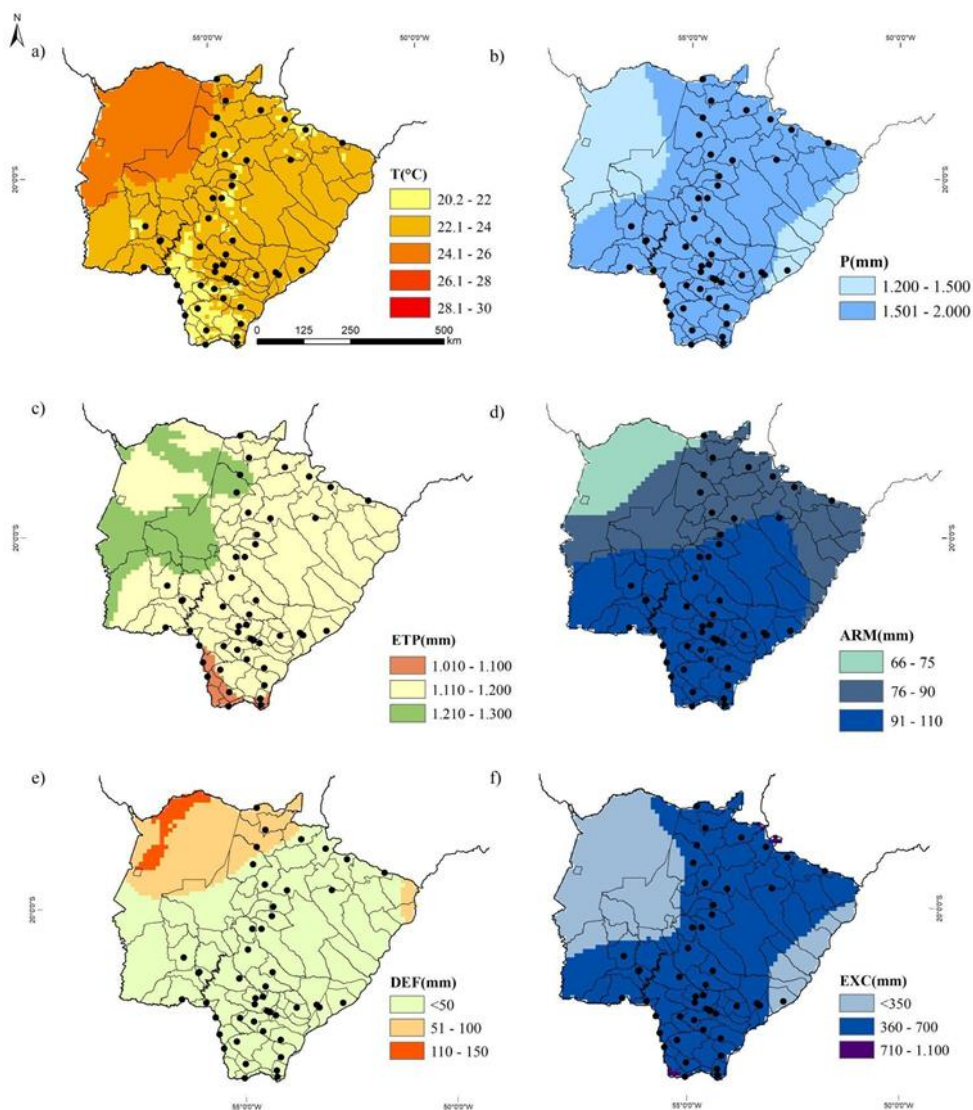


Figura 2. Variabilidade espacial dos elementos climáticos: A) Temperatura do ar; B) Precipitação; C) Evapotranspiração; D) Armazenamento de água no solo; E) Deficiência hídrica e F) Excedente hídrico, para o estado do Mato Grosso do Sul, Brasil.

As correlações univariadas de Pearson entre a produtividade de soja e as variáveis climáticas do período fenológico demonstraram relações distintas e intensidades diversas (Tabela 1). Por exemplo, o armazenamento de água no solo (ARM) demonstrou correlações negativas, neutras e positivas em outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Isso demonstra que o mesmo elemento climático tem influências diversas em função do período fenológico em que a planta se encontra naquele momento. O déficit hídrico demonstrou o inverso do ARM, pois teve correlação positiva em outubro e negativa em dezembro. Evidenciando que DEF no momento no início da maturação promove aumento da produtividade da soja (Souza et al. 2013; Zhang et al. 2007). É interessante ainda destacar que DEF é um dos elementos mais importantes que influencia as culturas agrícolas, podendo ser negativo ou positivo essa relação (JUMRANI; BHATIA, 2018).

Tabela 1. Correlações de Pearson diária entre as variáveis climáticas e a produtividade de soja no Mato Grosso do Sul nos meses de outubro, novembro e dezembro. Legenda: Azul is positive correlation and Red negative correlation, ARM = armazenamento de água no solo, DEF = déficit hídrico, DPM=duração de molhamento foliar, ETP= Evapotranspiração potencial, ETR=Evapotranspiração real, EXC= Excedente hídrico, P= Precipitação, Qg= Radiação solar incidente, rhmax= Umidade relativa máxima do dia, rhmin= Umidade relativa mínima do dia, tdew= temperatura do ponto de orvalho, TMAX= temperatura máxima, TMED= temperatura média, TMIN= temperatura mínima, UR= umidade relativa do ar, VMAX=velocidade máxima do vento, VMED= velocidade média do vento, VMIN= velocidade mínima do vento.

Devido ao grande número de correlações encontradas (Tabela 1) buscamos evidenciar separadamente as 15 maiores correlações buscando uma avaliação mais criteriosa (Figura 3). De maneira geral, as maiores correlações indiretas (-) foram 2_10_TDEW (temperatura do ponto de orvalho do segundo dia de outubro), 21_12_TMED (temperatura média do ar do vigésimo primeiro dia de dezembro) e 21_12_TMAX (temperatura máxima do ar do vigésimo primeiro dia de dezembro) com valores de -0,41, -0,40, 0,38 respectivamente. É importante destacar que todas são variáveis que aferem a energia cinética do ambiente e comprova que a elevação das respectivas temperaturas nestes momentos promovem uma redução significativa da produtividade de soja no Mato Grosso do sul.

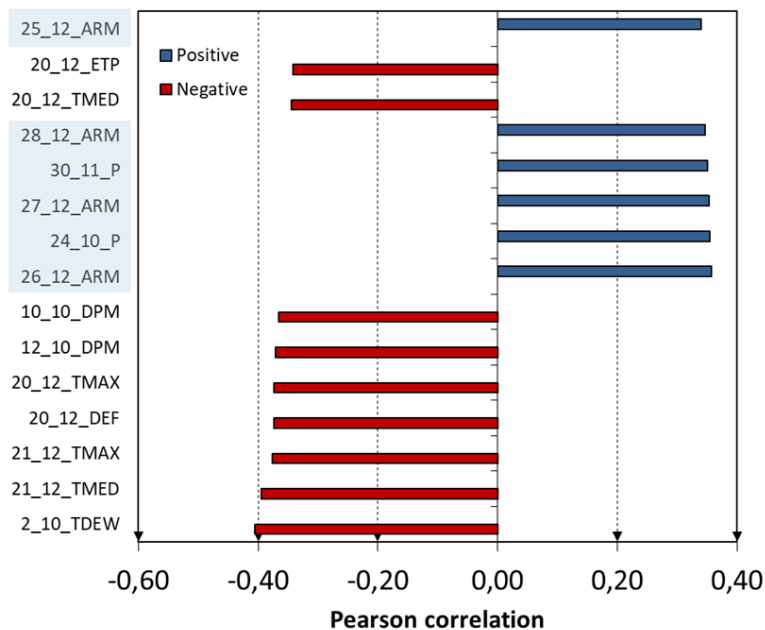


Figura 3. Valores das 15 maiores correlações entre as variáveis climáticas e a produtividade de soja no Mato Grosso do Sul. Legenda: 25_12_ARM é Armazenamento de água no solo do dia 25 de dezembro, 21_12_TMED temperatura média do dia 21 de dezembro, 21_12_TMAX temperatura máxima do dia 21 de dezembro, 20_12_DEF déficit hídrico do dia 20 de dezembro, 20_12_TMAX temperatura máxima do dia 20 de dezembro, 12_10_DPM duração de molhamento foliar do dia 12 de outubro, 10_10_DPM duração de molhamento foliar do dia 10 de outubro, 26_12_ARM Armazenamento de água no solo do dia 26 de dezembro, 24_10_P Precipitação do dia 24 de outubro, 27_12_ARM é Armazenamento de água no solo do dia 27 de dezembro, 30_11_P Precipitação do dia 30 de novembro, 28_12_ARM é Armazenamento de água no solo do dia 28 de dezembro, 20_12_TMED temperatura média do dia 20 de dezembro, 20_12_ETP Evapotranspiração potencial do dia 20 de dezembro e 25_12_ARM é Armazenamento de água no solo do dia 25 de dezembro.

CONCLUSÕES

Os elementos climáticos com maior correlação positiva foi 26_12_ARM (armazenamento do vigésimo sexto dia de dezembro) e negativa foi 2_10_TDEW (temperatura do ponto de orvalho do segundo dia de outubro, ocorrendo nos períodos fenológicos de enchimento de grãos e emergência, respectivamente).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos FUNDECT pelo recursos disponibilizados para o desenvolvimento do projeto e ao IFMS pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ALLAN, R.; PEREIRA, L.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. [s.l: s.n.]. v. 56

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; BOOTE, K. J. Inter-comparison of performance of soybean crop simulation models and their ensemble in southern Brazil. **Field Crops Research**, v. 200, p. 28–37, 1 jan. 2017.

CÂMARA, G. M. S. **Efeito do fotoperíodo e da temperatura no crescimento, florescimento e maturação de cultivares de soja (Glycine max (L.) Merrill**. Viçosa: [s.n.].

CONAB, C. N. D. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, Safra 2020/21: décimo primeiro levantamento**. Brasília: Conab, 2021.

JUMRANI, K.; BHATIA, V. S. Impact of combined stress of high temperature and water deficit on growth and seed yield of soybean. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 24, n. 1, p. 37–50, 1 jan. 2018.

KRIGE, D. G. A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 52, n. 6, p. 119–139, dez. 1951.

MARTORANO, L. G. et al. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 397–405, ago. 2009.



SENTELHAS, P. C. et al. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 8, p. 1394–1411, nov. 2015.

SMIDERLE, O. et al. **Cultivo de Soja no Cerrado de Roraima**. [s.l: s.n.].