



Modelo computacional de previsão de dias trabalháveis para semeadura da soja em municípios de Mato Grosso

Computational model of prediction of working days for soybean sowing in cities of Mato Grosso

G. V. Barboza*; V. A. G. M. Vieria; R. C. Tieppo; R. Dallacort; M. C. da S. Andrea

Departamento de Agronomia /Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Universidade do Estado de Mato Grosso, 78300-000, Tangará da Serra-MT, Brasil

*gabrielvergiliobarboza@gmail.com

(Recebido em 18 de julho de 2020; aceito em 19 de dezembro de 2020)

Atualmente, na agricultura, a grande competitividade exige que os agricultores elaborem estratégias para maximizar lucros e aumentar a eficiência produtiva. Assim, é fundamental no planejamento que o produtor estime o tempo disponível para realizar suas operações levando em consideração, como fator principal, as variáveis climáticas. Neste trabalho, analisou-se as probabilidades de ocorrência de dias trabalháveis e o número de conjuntos mecanizados necessários para operações de semeadura da soja nos municípios de Diamantino e Sinop do estado do Mato Grosso. Para isso obteve-se dados meteorológicos dos referidos municípios e identificou-se os dias favoráveis a semeadura através dos critérios de precipitação < 5 mm e o armazenamento de água no solo (ARM) entre 40 e 90% da capacidade de água disponível (CAD). Simulou-se o número de dias trabalháveis através de três diferentes critérios, sendo de 40%, 50% e 60% do dia ser favorável a semeadura, em seguida estimou-se o número de conjuntos mecanizados necessários para semeadura em uma determinada área. Para ambos os municípios, os valores da probabilidade do dia ser favorável a semeadura $P(F)$ aumentaram após o início das chuvas. Já a demanda de maquinários variou conforme o critério adotado sendo menor quando se considerou o critério de 40% de $P(F)$.

Palavras-chave: geoprocessamento, mecanização, planejamento

Currently, in agriculture, great competitiveness requires farmers to develop strategies to maximize profits and increase productive efficiency. Thus, it is essential in the planning that the producer estimate the time available to carry out their operations taking into account, as the main factor, the climatic variables. In this work, we analyzed the probabilities of occurrence of working days and the number of mechanized sets necessary for soybean sowing operations in the municipalities of Diamantino and Sinop of the state of Mato Grosso. For this, meteorological data were obtained from these municipalities and the days favorable to sowing were identified through the precipitation criteria < 5 mm and soil water storage (ARM) between 40 and 90% of the available water capacity (CAD). The number of working days was simulated through three different criteria, being 40%, 50% and 60% of the day being favorable to sowing, then the number of mechanized sets needed for sowing in a given area was estimated. For both municipalities, the values of the probability of the day being favorable to sowing $P(F)$ increased after the onset of the rains. On the other, the demand for machinery varied according to the criterion adopted being lower when considering the criterion of 40% of $P(F)$.

Keywords: geoprocessing, mechanization, planning

1. INTRODUÇÃO

O Mato Grosso se destaca nacionalmente na produção e área plantada de grãos, sendo responsável por cerca de 25% do total produzido no país. O estado tem destaque especial na produção de soja com aproximadamente 10,0 milhões de ha plantados e uma produtividade média de 3.420 kg/ha, totalizando uma produção de 34,2 milhões de toneladas na safra 19/20 [1]. Estes números demonstram o potencial e vocação agrícola do estado, além da importância da agricultura no quesito social e econômico em âmbito local, regional e nacional.

Com a modernização do campo, a agricultura de grande escala se torna cada dia mais competitiva e os mercados mais exigentes em qualidade e quantidade de produção. Para atender à

estas necessidades, a mecanização agrícola se molda nas exigências globais, permitindo padronização, aumento, agilidade e eficiência de produção [2].

Uma das principais etapas na implantação de um cultivo mecanizado é o planejamento de máquinas agrícolas, que quando realizado de forma adequada, permite evitar custos desnecessários com a subutilização do maquinário e otimizar a capacidade de trabalho. Uma das variáveis mais importantes a se considerar neste planejamento é o tempo disponível para realização das operações mecanizadas, que é o produto dos dias aptos para a realização das operações mecanizadas e do número de horas trabalhadas por dia [3, 4, 5, 6]. Portanto, é indispensável também que o produtor conheça a real disponibilidade de tempo para a execução das operações agrícolas. Este é o primeiro passo para se planejar e se obter eficiência na execução dessas operações, visto que as atividades agrícolas estão sujeitas às variações do clima [7].

A operação de semeadura é altamente dependente das condições climáticas, devendo, portanto, ser realizada em momento em que haja umidade ideal no solo, não podendo este estar encharcado ou totalmente seco, permitindo assim condições propícias para as operações mecanizadas, para a germinação e desenvolvimento inicial das plantas [8, 9]. Tendo em vista essa alta dependência das condições climáticas, é de suma importância que o produtor tenha um bom planejamento das operações agrícolas, prevendo em seu calendário as possíveis influências das variáveis ambientais tanto no número de dias viáveis como no número de conjunto mecanizados necessários a semeadura [10, 11].

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar o número de dias favoráveis para semeadura da soja, assim como simular cenários para a predição do número de conjuntos mecanizados necessários para efetuar esta operação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CETEGEO-SR), da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), *campus* de Tangará da Serra – MT. Foram escolhidos como locais de estudo os municípios de Diamantino - MT e Sinop – MT, ambos tendo representatividade significativa em área e produção de grãos. O clima do município de Diamantino é classificado como tropical úmido megatérmico (Aw) segundo KÖPPEN, tendo média anual de temperatura de 24,4°C [12] e média de precipitação anual de 1.815,5 mm [13]. O município está localizado nas coordenadas 14°24'S; 56°26'O, com altitude de 274 m e os solos predominantemente encontrados no município são os Latossolos Vermelhos [14]. O clima de Sinop também é classificado como Aw de acordo com KÖPPEN [15], tendo médias anuais de temperatura de 24°C e precipitação média anual de 2.000 mm [16]. O município localiza-se nas coordenadas 11°58'S; 55°33'O, com altitude de 367 m e os solos predominantemente encontrados no município são os Latossolos Vermelho-Amarelos [14].

O modelo para definição dos dias agronomicamente viáveis foi desenvolvido basicamente em quatro fases. A primeira consistiu na organização do banco de dados das variáveis meteorológicas. Na sequência realizou-se o balanço hidrológico de água no solo seguido do cálculo das probabilidades dos dias favoráveis. Por fim, simulou-se três cenários com alteração no nível de ocorrência de probabilidades.

O método utilizado para a estimativa dos dias favoráveis foi baseado no utilizado por Erthal e Sentelhas (1995) [17], Monteiro, Sentelhas e Piedade (2014) [18] e Estrada et al. (2015) [7]. Os dados de precipitação, radiação solar, temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa média foram obtidos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Para o município de Sinop obteve dados dos anos de 1973 a 2016 e para Diamantino de 1978 a 2014. Os dados que faltaram para o referido período foram preenchidos usando uma base de dados em grid de Xavier, King e Scanlon (2016) [19].

A partir do banco de dados meteorológicos foi calculado a evapotranspiração de referência (ET₀) de cada município pelo método de Penman-Monteith [20]. Calculou-se então o armazenamento de água no solo (ARM) através do balanço hídrico sequencial diário, descrito por

Thorntwaite e Mather (1955) [21], utilizando-se o valor da capacidade de água disponível (CAD) de 80mm para ambos os municípios.

A partir dos dados do ARM (armazenamento de água no solo) e de precipitação, classificou-se os dias em favoráveis ou não favoráveis ao trabalho de máquinas, utilizando-se como critério de definição de dia favorável a precipitação diária menor que 5 mm e a ARM entre 40% e 90% da CAD [16]. A partir destes resultados, aplicou-se o método da cadeia de Markov, para cálculo das probabilidades simples e condicionais para cada dia do ano, conforme Estrada et al (2015) [7], sendo consideradas na simulação a Probabilidade de Dia Favorável $P(F)$, presentes nas tabelas 3 e 4 do material suplementar. O período de semeadura da soja considerado na simulação correspondeu as datas entre 15 de setembro, fim do vazio sanitário da soja no estado, e 31 de dezembro, data limite do zoneamento agroclimático da soja [22].

Foram estabelecidos três diferentes cenários para a classificação do número de dias trabalháveis. O primeiro cenário considerou como dia trabalhável, os dias em que a $P(F)$ foi superior ou igual a 40%. Para o segundo e o terceiro cenário consideraram-se os valores de $P(F)$ maiores ou iguais a 50 e 60% respectivamente. Na simulação do número de conjuntos mecanizados para a semeadura, considerou-se um conjunto mecanizado com uma semeadora com largura de trabalho de 10,0 m, velocidade de trabalho de 6,0 km h⁻¹ e eficiência operacional (E_c) de 70% [23], resultando em uma capacidade de campo operacional (CcO) de 4,20 ha.h⁻¹. Considerou-se também uma jornada de trabalho de 8 horas por dia e uma área de 5.000 ha.

O fluxograma contendo todas as etapas do trabalho está presente na Figura 1.

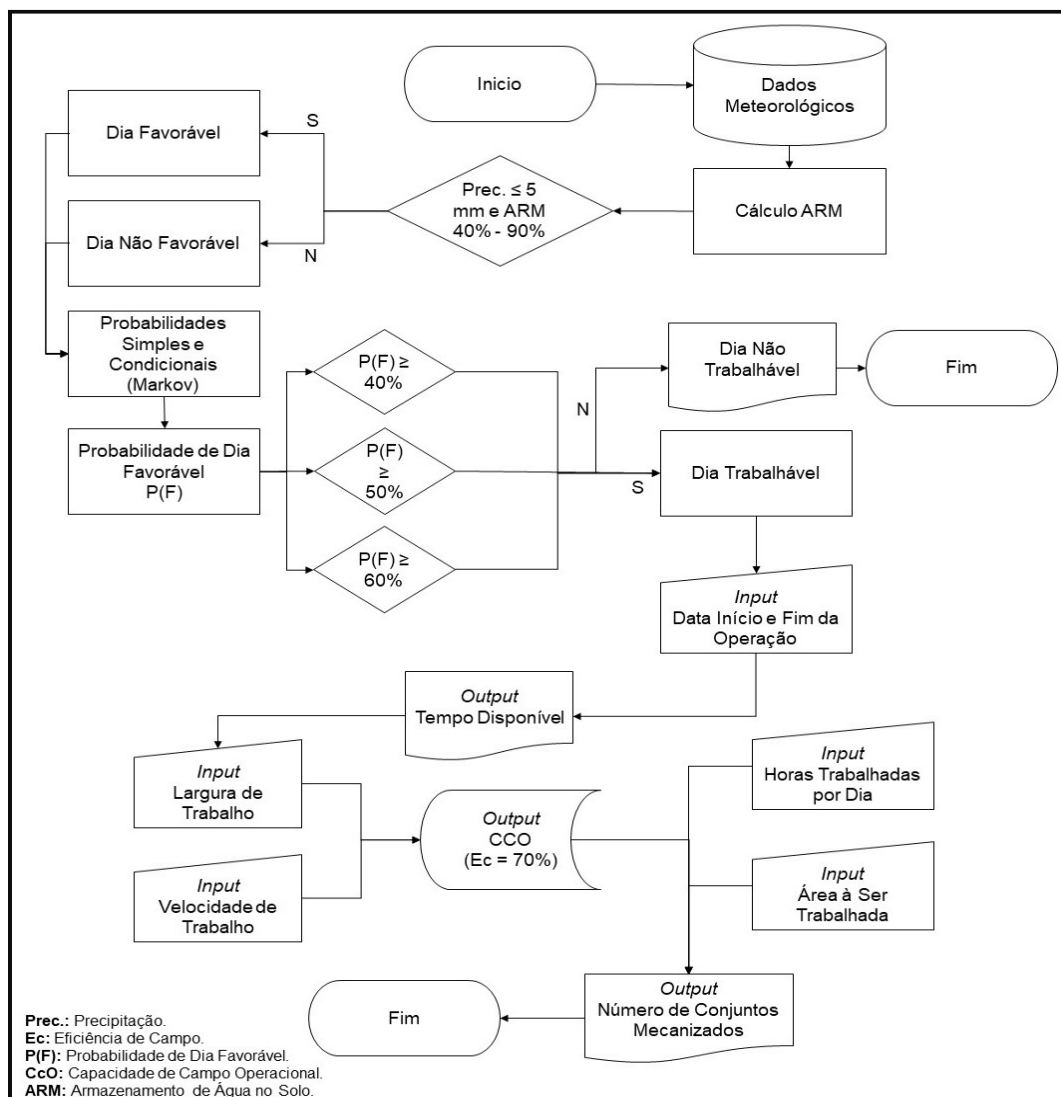


Figura 1: Fluxograma das etapas realizadas na metodologia do trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os valores de precipitação e probabilidade do dia ser favorável $P(F)$, observa-se para o município de Diamantino – MT, uma tendência de crescimento dos valores de $P(F)$ do primeiro decêndio de dezembro até o terceiro de abril, atingindo neste ponto o pico de 75% de probabilidade (Figura 2). Portanto, nota-se que nos decêndios mais chuvosos, a $P(F)$ é inferior a encontrada no início da estiagem (2º de março). Pois há excesso de chuvas, saturando o solo, o que resulta em maior ocorrência de valores de ARM superiores a 90%, além de precipitações diárias superiores a 5 mm, inviabilizando operações mecanizadas.

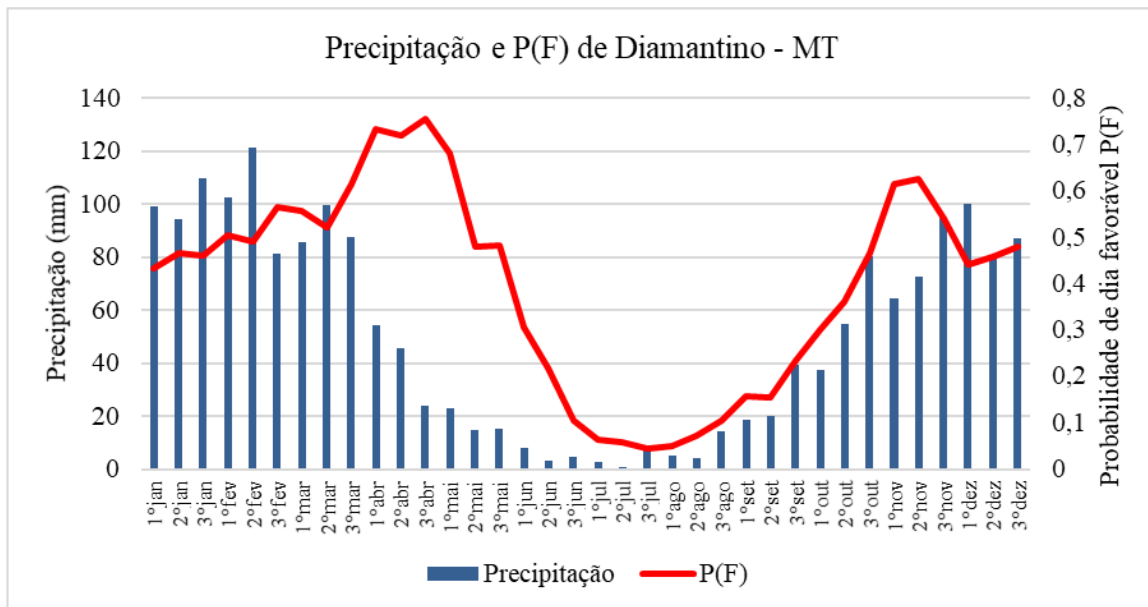


Figura 2: Precipitação média decendial e Probabilidade de dia favorável $P(F)$ decendial em Diamantino-MT de acordo com a média histórica diária entre os anos de 1978 e 2014.

Portanto, nota-se que nos decêndios mais chuvosos, a $P(F)$ é inferior a encontrada no início da estiagem (2º de março). Pois o excesso de chuvas durante o verão acaba saturando o solo, elevando assim a ARM a valores superiores a 90%, havendo ainda maior ocorrência de dias com precipitação superior a 5 mm, inviabilizando operações mecanizadas. No período seguinte, há uma queda brusca nos valores de $P(F)$, decorrentes da baixa precipitação na estação seca. A partir do terceiro decênio de agosto, com o início da estação chuvosa ocorre reposição da água no solo e conseqüente aumento do número de dias favoráveis a semeadura. Ocorre uma ascensão dos valores de $P(F)$ até o segundo decênio de novembro, a partir do qual os valores de ARM > 90% saturam o solo novamente, e passam a ser limitantes (Figura 2).

Observou-se no município de Diamantino que o número de dias trabalháveis no período de semeadura da soja, entre o dia 15 de setembro a 31 de dezembro, oscilou conforme o cenário de classificação de dia trabalhável. O maior número de dias trabalháveis foi obtido quando se considerou como dia trabalhável, aquele com valor de $P(F)$ superior a 40%, resultando em um número de 560 h disponíveis para a semeadura (Tabela 1). Nestas condições, de acordo com os critérios de simulação haveria necessidade de 3 conjuntos mecanizados para um plantio em uma área de 5 mil ha.

Tabela 1: Número de dias, horas e conjuntos mecanizados de acordo com probabilidade de dia favorável para o município de Diamantino – MT entre 15 de setembro e 31 de dezembro, de acordo com a média histórica diária entre os anos de 1978 e 2014.

P(F)	Dias	Horas	Conjuntos Mecanizados
$\geq 40\%$	70	560	3
$\geq 50\%$	39	312	4
$\geq 60\%$	17	136	9

Em contrapartida, considerando-se um dia trabalhável apenas aquele com valor de P(F) maior que 60%, obtém-se apenas um total de 17 dias disponíveis para a semeadura, correspondendo a 136 horas. Neste caso, a redução do número de horas disponíveis indicaria uma maior necessidade de conjuntos mecanizados, correspondendo a 9 maquinários, assim elevando os custos da operação.

A mesma tendência dos valores de P(F) de Diamantino é observada no município de Sinop no qual do segundo decêndio de dezembro ao segundo decêndio de março, os valores de P(F) encontram-se estáveis ao redor de 45%. A partir de então há crescimento, atingindo-se o pico no segundo decêndio de abril (Figura 3).

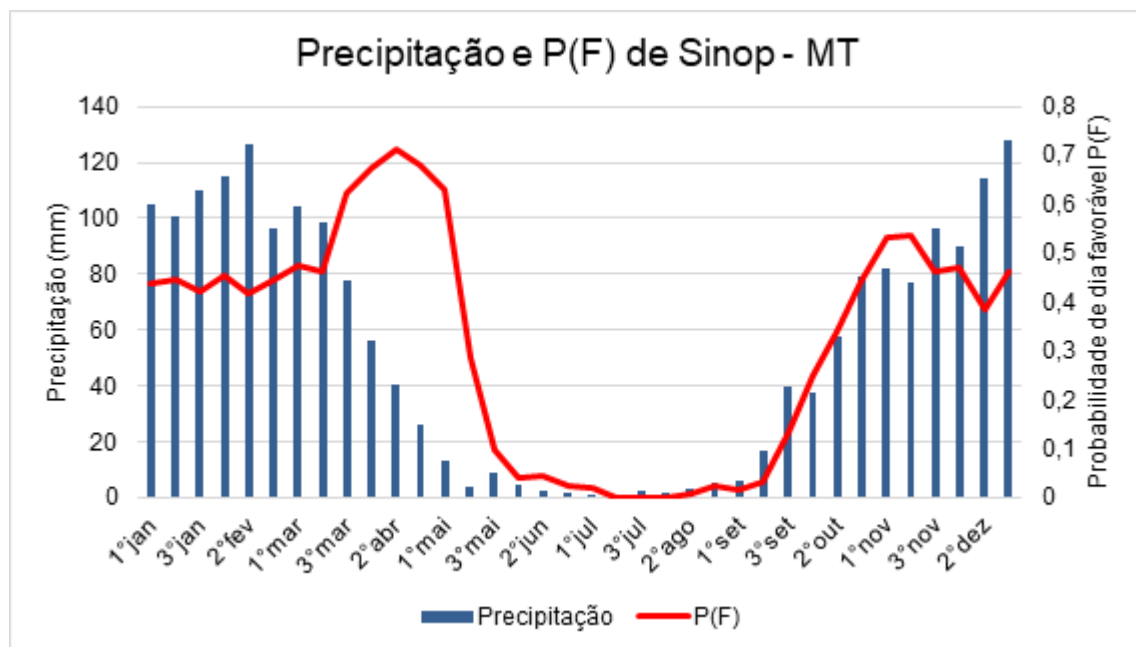


Figura 3: Precipitação média decenal e Probabilidade de dia favorável P(F) decenal em Sinop-MT, de acordo com a média histórica diária entre os anos de 1973 e 2016.

No entanto, no período seguinte há decréscimo dos valores de P(F) com o advento da estação seca. Os valores de P(F) apenas voltam a aumentar a partir do segundo decêndio de setembro próximo ao período permitido para início da semeadura de soja no estado, havendo crescimento linear até o primeiro decêndio de novembro, a partir do qual o excedente hídrico resulta em uma abrupta redução de 0,54 nos valores de P(F) em relação ao 3º decêndio de abril ao 2º decêndio de junho.

O município de Sinop teve um número de dias trabalháveis inferior a Diamantino em todas as classificações (Tabela 2). É válido salientar que Sinop possui uma precipitação média anual superior a Diamantino em cerca de 185mm [13, 15], resultando na maior ocorrência de dias chuvosos.

Tabela 2: Número de dias, horas e conjuntos mecanizados de acordo com probabilidade de dia favorável para o município de Sinop – MT entre 15 de setembro e 31 de dezembro, de acordo com a média histórica diária entre os anos de 1973 e 2016.

P(F)	Dias	Horas	Conjuntos Mecanizados
$\geq 40\%$	54	432	3
$\geq 50\%$	18	144	9
$\geq 60\%$	6	48	25

Em Sinop, o cenário de 40% resultou em um número de 432 h disponíveis para a operação e demanda de 3 maquinários para semeadura em área de 5 mil ha. Já para o cenário de 60%, apenas seis dias foram considerados trabalháveis, resultando em somente 48 horas disponíveis para a operação, o que demandaria 25 conjuntos mecanizados para plantio na janela de semeadura da soja.

Avaliando as probabilidades acima de 60% para ambos municípios, é notável a escassez de tempo para as operações, em especial a Sinop, com apenas 48 horas. Isso pode vir a ser um grande problema ao produtor, que necessitará de um grande número de funcionários, máquinas em um curto período de tempo, levando a um maior tempo de ociosidade dos mesmos, o que também acarreta a maiores custos de manutenção, garagem e depreciação.

Outro fator importante a ser considerado é o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, que segundo a Portaria Nº 63, de 11 de Julho de 2019, define para o ano-safra 2019/2020, que o município de Sinop possui recomendação com risco de 20%, para todos os tipos de solo, de 01 de outubro até o dia 31 de dezembro, enquanto o município de Diamantino, recomenda-se o início da semeadura a partir de 11 de outubro, o que pode encurtar ainda mais o tempo disponível [22]. É importante o produtor realizar a semeadura preferencialmente dentro deste período, havendo certas garantias em lei quanto aos riscos.

4. CONCLUSÃO

De acordo com a aplicação do modelo de estimativa de dias favoráveis foi possível observar que em ambos os municípios a P(F) (probabilidade de ocorrência de dia favorável) para a operação de semeadura é maior nos decêndios subsequentes ao início do período chuvoso. No entanto, há considerável queda nos valores de P(F) a partir de meados de novembro.

Quanto ao número de horas disponíveis e o número de conjuntos mecanizados necessários para a semeadura, observa-se que tais valores variam conforme o cenário utilizado para a definição dos dias trabalháveis, sendo maior o número de horas disponíveis e menor a demanda de maquinários no cenário que considera dia trabalhável aquele com P(F) maior que 40%. Já o cenário que considera dia trabalhável aquele com P(F) superior a 60% resultou em menor número de horas disponíveis e maior demanda de maquinários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. V.7 - Safra 2019/2020 - N. 5 - Quinto levantamento. Brasília: Conab; 2020. Subitem 6.1.8, Milho; p. 73-84.
2. Teixeira SS, Machado ALT, Reis AV, Oldoni A. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. *Eng Agríc.* 2009 Mar;29(1):171-162, doi: 10.1590/S0100-69162009000100016.
3. Mialhe LG. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Book; 1974. 301 p.
4. Milan M. Improving operational management of harvest, transport and mechanization for sugarcane in Brasil. Cranfield: Cranfield Institute of Technology; 1992. 226 p.
5. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. Long Grove: Iowa State University Press; 2001. 368 p.
6. Matos MA, Salvi JV, Milan M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Rev Eng Agr.* 2006 Aug;26(2):501-493, doi: 10.1590/S0100-69162006000200018.

7. Estrada JS, Shlosser JF, Farias MS, Santos GO, Rüdell IYP. Metodologia para estimar o número de dias trabalháveis com máquinas agrícolas. *Rev Ceres*. 2015 Aug;62(4):414-419, doi: 10.1590/0034-737X201562040011.
8. Peixoto CP, Câmara GMS, Martins MC, Marchiori LFS. Efeito de épocas de semeadura e densidades de plantas sobre o rendimento de cultivares de soja no estado de São Paulo. *Rev Agr*. 2002;77(2):293-265, doi: 10.37856/bja.v77i2.
9. Tejo DP, Fernandes CHS, Buratto JS. Soja: fenologia, morfologia e fatores que interferem na produtividade. *Rev Cient Eletr FAEF*. 2019 Jun;35(1):1-9.
10. Milan M. Gestão sistêmica e planejamento de máquinas agrícolas [tese]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo; 2004. 100 p.
11. Pellegrino GQ, Assad ED, Marin FR. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. *Rev MultiCiência*. 2007 May;(8):162-139.
12. Ramos HC, Dallacort R, Santi A, Seabra Junior S, Queiroz TM. Precipitação pluvial de Diamantino/MT em anos de ocorrência de El Niño, La Niña e neutros. *Rev Bras Meteorol*. 2015 Mar;30(1):80-71, doi: 10.1590/0102-778620120477.
13. Dallacort R, Martins JA, Inue MH, Freitas PSL, Krause W. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. *Rev Ciênc Agron*. 2010 Sep;41(3):379-373, doi: 10.1590/S1806-66902010000300008.
14. Santos, HG. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2011. 67 p.
15. Rocha AF, Paula DCJ, Souza NS, Silva PCBS, Miranda AS, Zamadei T, Souza AP, Machado NG, Santos FMM, Nogueira JS, Nogueira MCJ. Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop. *Rev Ges Sustent Bras*. 2015 Dec;4:257-246, doi: 10.19177/rgsa.v4e02015246-257.
16. Araujo RA, Costa RB, Felfili JM, Gonçalves IK, Sousa RATM, Dorval A. Florística e estrutura de fragmento florestal em área de transição na Amazônia Matogrossense no município de Sinop. *Acta Amaz*. 2009 Jun;39(4):877-865, doi: 10.1590/S0044-59672009000400015.
17. Erthal LC, Sentelhas PC. Probabilidade da sequência de dias secos em Campinas (SP) como subsídio ao planejamento do uso de máquinas agrícolas. In: *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; Campina Grande (PB); 1995*. Campina Grande (PB): Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; 1995. p. 409-411.
18. Monteiro LA, Sentelhas PC, Piedade SMS. Dias trabalháveis para o manejo do solo em função da chuva e da disponibilidade hídrica do solo em diferentes regiões brasileiras. *Rev Ambient Água*. 2014 Jun;9(3):475-459, doi: 10.4136/ambi-agua.1389.
19. Xavier AC, King CW, Scanlon BR. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *J Climatol*. 2016 May;36:2644-2659, doi: 10.1002/joc.4518.
20. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. *Crop Evapotranspiration*. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56. Rome (Italy): FAO; 2000. 300 p.
21. Thornthwaite CW, Mather JR. *The water balance*. New Jersey: Drexel institute of technology; 1955. 104 p.
22. MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de soja no Estado de Mato Grosso, ano-safra 2018/2019. *Diário Oficial da União*. 19 jul 2019;138(Seção 1): 22.
23. Silveira GM, Yanai K, Kurachi SAH. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*. 2006;10(1):224-220, doi: 10.1590/S1415-43662006000100032.