

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Progressão da semeadura de *Glycine max L.* em regiões do Mato Grosso: uma
contribuição ao estudo do planejamento de sistemas mecanizados

Gilmar Martinelli Junior

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2019

Gilmar Martinelli Junior
Engenheiro Agrícola

**Progressão da semeadura de *Glycine max* L. em regiões do Mato Grosso: uma
contribuição ao estudo do planejamento de sistemas mecanizados**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **LEANDRO MARIA GIMENEZ**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Martinelli Junior, Gilmar

Progressão da semeadura de *Glycine max L.* em regiões do Mato Grosso: uma contribuição ao estudo do planejamento de sistemas mecanizados / Gilmar Martinelli Junior. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

77 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Dias trabalháveis 2. Mecanização agrícola 3. Semeadura 4. Soja I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmã, **Giomar Martinelli, Dirce Aparecida Gomes Martinelli e Tatiane Gomes Martinelli**, por sempre estarem ao meu lado, dando-me forças nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

À **Deus** por dado muita luz em meu caminho e sabedoria.

Ao meu orientador **Dr. Leandro Maria Gimenez**, pelos ensinamentos e paciência.

Aos meus avós **Anna Marson Martinelli, João Martinelli, José Gomes Albino e Vanirdes Cândido**, e a todos os familiares pelo apoio e pelas orações.

Aos professores **Dr. Paulo Cesar Sentelhas e Marcos Milan**, pela contribuição no desenvolvimento do projeto.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES** e ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq**, pelo apoio financeiro com auxílio pesquisa.

À **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, e todos professores pela formação acadêmica.

E a todos que me ajudaram neste período.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”.

Marthin Luther King

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. CULTIVO DA SOJA.....	11
2.2. OPERAÇÃO DE SEMEADURA.....	14
2.3. PLANEJAMENTO DO SISTEMA MECANIZADO.....	15
2.4. CÁLCULO DO TEMPO DISPONÍVEL PARA REALIZAÇÃO DE OPERAÇÕES MECANIZADAS.....	17
2.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. CARACTERÍSTICAS DOS DADOS.....	25
3.2. CÁLCULO DA ÁGUA ARMAZENADA NO SOLO	31
3.3. CÁLCULO DAS TAXAS DE SEMEADURA	32
3.4. ESTIMATIVA DO TEMPO DISPONÍVEL.....	33
3.5. ESTIMATIVA DO RITMO OPERACIONAL	34
3.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	35
4. RESULTADOS.....	37
4.1. ÁREA TOTAL SEMEADA E PROGRESSÃO DA SEMEADURA	37
4.2. TAXAS DE SEMEADURA	40
4.3. RITMO OPERACIONAL	46
4.4. PRECIPITAÇÃO E UMIDADE NO SOLO.....	48
4.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	53
5. DISCUSSÃO.....	60
6. CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICES.....	73

RESUMO

Progressão da semeadura de *Glycine max* L. em regiões do Mato Grosso: uma contribuição ao estudo do planejamento de sistemas mecanizados

A semeadura de soja vem ocorrendo precocemente no estado do Mato Grosso, visando aumentar a área cultivada com milho safrinha. O planejamento da semeadura é importante para a produtividade de soja, podendo ocorrer perdas pela antecipação da semeadura em condições não favoráveis para o crescimento da cultura. No planejamento é estimado o ritmo operacional, com a utilização de metodologias baseadas na estimativa do tempo disponível no qual são consideradas questões administrativas como jornada de trabalho, trabalho aos domingos e feriados e restrições edafoclimáticas que afetam no número de dias trabalháveis. O acompanhamento da evolução da implantação da soja e a disponibilização de informações das datas de início e término e dos valores de área semeada em escala regional contribuem para as tomadas de decisões e vem sendo realizada oficialmente há anos. Diante do desafio para o planejamento dos sistemas mecanizados e da disponibilidade de séries históricas sobre a realização da operação de semeadura no Mato Grosso, o objetivo deste trabalho foi averiguar a relação existente entre a taxa de semeadura observada, com a intensidade planejada, ou seja, o ritmo operacional (RO). A metodologia para estimar a intensidade de semeadura realizada, denominada de taxa de semeadura utilizou dados de séries históricas do acompanhamento da operação, sendo realizado regressões lineares em 6 safras nas macrorregiões médio norte e sudeste do Mato Grosso. Para o cálculo do tempo disponível para realização da operação foram levantados dados climáticos e das características dos tipos de solo. O cálculo do número de dias impróprios (ND_{imp}), aqueles restritivos em função de questões climáticas, respeitou os critérios precipitação máxima no dia anterior e no dia da semeadura menores que 10 mm e presença de umidade no solo entre 40 a 90% da capacidade de água disponível (CAD). Foi realizada a análise de sensibilidade dos efeitos das precipitações e da faixa de água no solo no ND_{imp} em ambas macrorregiões. Os resultados indicaram valores de taxa de semeadura e RO de 3,02 e 9,14% ao dia nas macrorregiões, ou seja, ocorreu discrepância entre os valores do planejamento e aqueles observados em ambas macrorregiões. Além disso, no cenário com precipitação máxima permitida de 10 mm no dia e no dia anterior e faixa de água no solo de 20 a 70% da CAD, ocorreu o menor RO em ambas macrorregiões. Concluiu-se que a progressão da semeadura apresenta intensidades distintas ao longo do período de cultivo, com elevada intensidade no período central da realização da semeadura sendo a maior parte da área semeada em curto período. A operação de semeadura é realizada em condições de umidade do solo consideradas inadequadas.

Palavras-chave: Dias trabalháveis, Mecanização agrícola, Semeadura, Soja

ABSTRACT

***Glycine max* L. sowing progression in regions of Mato Grosso: a contribution to the study of mechanized systems planning**

Soybean sowing has been occurring early in the state of Mato Grosso, aiming to increase the second crop area. Sowing planning is important for soybean yield and losses may occur due to the anticipation of sowing under conditions not favorable for crop growth. In planning, the operational rhythm is estimated, using methodologies based on the estimation of the available time in which administrative issues such as working hours, working on Sundays and holidays and edaphoclimatic constraints that affect the number of working days are considered. Monitoring the evolution of soybean implementation and providing information on the start and end dates and the values of the sown area on a regional scale has contributed to decision making and has been officially carried out for years. Given the challenge for the planning of mechanized systems and the availability of historical series on the performance of the sowing operation in Mato Grosso, the objective of this work was to ascertain through the amount of work required, the relationship between the sowing rate actually performed, with the planned intensity, ie the operational rhythm (RO). The methodology for estimating the intensity of sowing performed, called the sowing rate used data from historical series of the follow-up of the operation, and linear regressions were performed in 6 harvests in the middle north and southeast macroregions of Mato Grosso. To calculate the time available to perform the operation were collected climate data and characteristics of soil types. The calculation of the number of improper days (ND_{imp}), those restrictive due to climate issues, met the criteria with the maximum rainfall on the previous day and on the day of sowing less than 10 mm and presence of soil moisture between 40 to 90% of the capacity water available (CAD). Sensitivity analysis of the effects of rainfall and soil water strip on ND_{imp} was performed in both macroregions. The results indicated a sowing rate and RO values of 3.02 and 9.14% per day in the macroregions, that is, there was a discrepancy between the planning values with the RO estimation and those observed in both macroregions. Moreover, in the scenario with maximum allowable rainfall of 10 mm on the day and the previous day and soil water range of 20 to 70% of CAD, the lowest RO occurred in both macroregions. It was concluded that the sowing progression presents distinct intensities during the cultivation period, with high intensity in the central period of the crop and most of the area sowed in a short period. The seeding operation is carried out under inadequate soil moisture conditions.

Keywords: Working days, Agricultural mechanization, Sowing, Soybean

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é um dos setores mais relevantes na economia brasileira com expressivo crescimento econômico desde 1990 e com forte representatividade no produto interno bruto nacional. Este setor tem importante participação nas exportações do Brasil, e apresenta saldo positivo na balança comercial. Uma cultura de importância para esses resultados é a soja, cujo complexo de produtos foi responsável por 40,2% do total comercializado nas exportações do agronegócio brasileiro em 2018 (FIESP, 2019).

Durante os últimos anos, houve um aumento da área semeada de soja no estado do Mato Grosso (região Centro-Oeste do Brasil), porém a produtividade não apresentou o mesmo ganho entre as safras 2011/12 e 2018/19. Esta diminuição pode estar relacionada à eficiência do manejo durante a instalação e cultivo, além da influência de fatores climáticos.

Dentre os condicionantes do bom desempenho da cultura da soja está a implantação no momento adequado, conferindo às plantas as melhores condições para seu desenvolvimento e como consequência a obtenção de altas produtividades. O reconhecimento dos padrões climáticos e do comportamento das cultivares de soja em cada região tem grande relevância para a definição dos períodos mais adequados para a semeadura. Em algumas macrorregiões do estado de Mato Grosso, a semeadura tem ocorrido precocemente, com o intuito de maximizar a área a ser cultivada com milho safrinha, que em caso de semeadura tardia tem sua produtividade reduzida. Um aspecto importante no planejamento do período de semeadura é a obtenção de produtividade média remuneradora. No decorrer da última década houve estagnação na produtividade, o que pode estar acontecendo pela antecipação da semeadura de soja em condições não favoráveis em benefício ao cultivo do milho safrinha.

Uma vez que o período de semeadura esteja definido é possível estimar o ritmo operacional, ou seja, a intensidade de realização da operação, e, com isso, o sistema mecanizado necessário à execução da operação no período e com a qualidade adequada. As metodologias de dimensionamento do sistema mecanizado estão baseadas no cálculo do tempo disponível para a realização das operações, sendo este afetado por questões administrativas como é o caso da jornada de trabalho e o trabalho aos domingos e feriados assim como das restrições edafoclimáticas que condicionam as condições de tráfego e interação dos órgãos ativos das máquinas com o solo.

O uso de séries históricas contribui para reduzir as incertezas climáticas, mas oscilações ao longo das safras podem levar a erros no dimensionamento do sistema mecanizado, incorrendo em custos fixos ou indiretos, também denominados de custos de pontualidade, causados pelas perdas de produção pela não realização das operações de campo no período determinado.

Além dos aspectos relacionados às questões climáticas e das características do solo, o tempo disponível para a realização das operações é influenciado pelas decisões tomadas pelos gestores que, influenciados pelas oportunidades e ameaças do ambiente de negócios como custo de produção e perspectivas de preço, realizam alterações no planejamento em virtude, por exemplo, da possibilidade de uma segunda safra.

O acompanhamento da implantação das safras em escala ampla é realizado por diversos atores do agronegócio, sobretudo aqueles envolvidos com a comercialização de commodities e insumos. Com base neste tipo de informação são previstos os montantes produzidos e traçadas estratégias de atuação no mercado. Estas informações permitem ainda verificar a taxa com que a semeadura é realizada, as datas de início e término e os montantes totais de área semeada em escala regional.

Considerando o desafio do dimensionamento dos sistemas mecanizados e a disponibilidade de séries históricas da realização da operação de semeadura em escala regional para o estado de Mato Grosso, o objetivo do trabalho foi averiguar a relação existente entre a taxa de semeadura efetivamente realizada, com aquela planejada, ou seja, o ritmo operacional, obtido por método que utiliza dados climáticos. Além disso, por meio de análises de sensibilidade e da avaliação nas macrorregiões médio norte e sudeste do estado do Mato Grosso, buscou-se identificar quais parâmetros afetam de modo preponderante no tempo disponível, necessário para o planejamento, com o que é o efetivamente executado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivo da soja

O histórico da evolução da área semeada de soja no Brasil foi caracterizado pela expansão em área semeada saindo de 6,9 milhões de hectares em 1977 e chegando a 35,1 milhões de hectares em 2018 e de uma produtividade de 1,7 para mais de 3 t ha⁻¹ (CONAB, 2018a). Em uma fase inicial, o cultivo era realizado sobretudo no sul do país, com gradativo aumento na região central, na qual se destaca o estado de Mato Grosso, conforme a Figura 1.

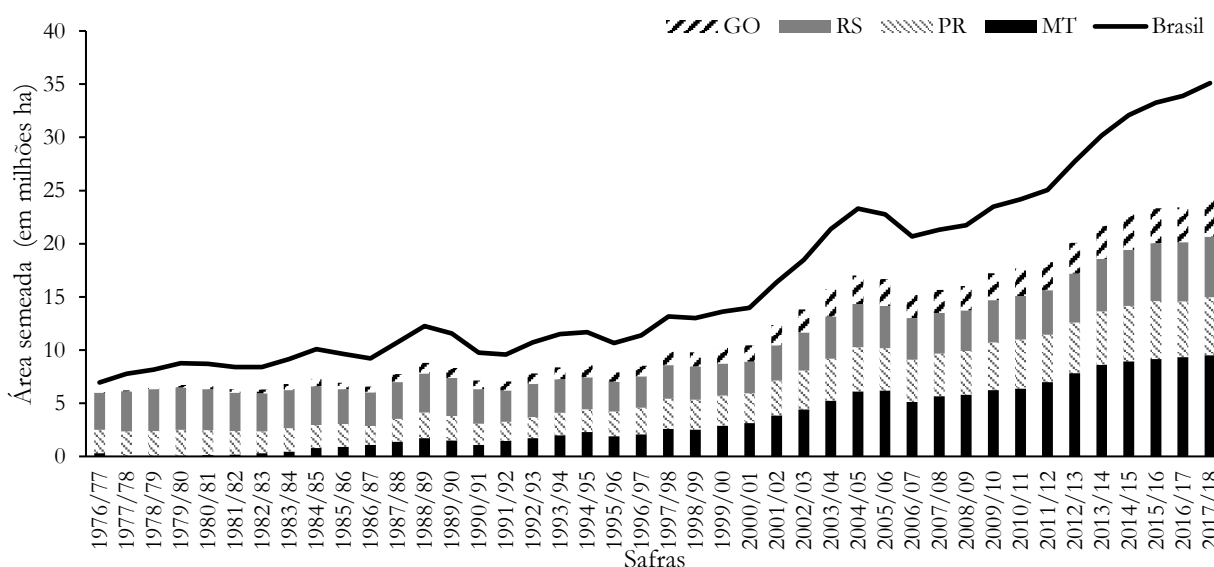


Figura 1. Evolução da área semeada de soja na série histórica de safras nos estados de Goiás (GO), Rio Grande do Sul (RS), Paraná (PR), Mato Grosso (MT) e do Brasil. Fonte: CONAB, 2018a.

O Mato Grosso superou o Rio Grande do Sul como o estado com maior área semeada de soja a partir da safra 2000/01. Atualmente, lidera a produção de soja brasileira, seguido por Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás. Na safra 2017/18, estes estados representaram aproximadamente 68,0% do total da produção nacional de soja. No Mato Grosso houve aumento tímido de 1,87% da área semeada de soja na safra 2018/19 perante 2017/18, porém um decréscimo de 1,41% na produtividade entre as duas safras, indicando uma condição de estabilidade na produtividade nas últimas safras (CONAB, 2019).

A elevação da área semeada e produtividade ocorreu devido a diversos fatores como o uso de cultivares com maior potencial produtivo, uso mais intensivo de insumos, uso de semeadura direta e incorporação de máquinas com maior capacidade operacional (BERTOLIN

et al., 2010; ALBRECHT et al., 2010; MEDINA et al., 1997; NEPOMUCENO et al., 2007; VALE et al., 2008; FURLANI et al., 2004; MAHL et al., 2004).

A época de semeadura da soja influencia no desenvolvimento, produtividade e qualidade do produto, diretamente relacionados às condições do ambiente. Segundo Nakagawa, Rosolem e Machado (1983), a época de semeadura afeta a produção de grãos, provocando variações no número de vagens e no peso dos grãos, sendo que o atraso na semeadura ocasiona uma diminuição do número de vagens por planta, em função da diminuição do ciclo da cultura devido à exposição a fotoperíodos mais curtos. O período vegetativo e o período juvenil, entre emergência e floração, são afetados pelo fotoperíodo e pelas diferenças de temperatura. A antecipação da floração ocorre em fotoperíodos mais curtos ou em temperaturas mais altas, já fotoperíodos mais longos sob o mesmo regime de temperatura ou temperaturas mais altas favorecem o crescimento da soja, resultando em plantas mais altas que sofrem risco de tombamento (CÂMARA et al., 1997).

Peixoto et al., (2000) analisaram os efeitos do atraso na época de semeadura da soja demonstrando sua influência nas características agronômicas da planta e na produtividade dos grãos. Quando há dificuldade em prever qual a melhor época para semeadura recomenda-se diversificar os cultivares da soja para evitar os efeitos das condições climáticas adversas, por meio da semeadura da mesma cultivar em diferentes épocas ou uma ou mais cultivares em diferentes proporções (VIEIRA et al., 1985).

Bezerra (2017), demonstraram que as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura da soja no norte do Mato Grosso do Sul ocorrem a partir do dia 15 de outubro, sendo que após a segunda semana de outubro ocorrem os maiores volumes de precipitação e a recomposição da umidade de água no solo para a germinação da lavoura. Para que ocorra o início do processo de germinação e da semente de soja é preciso absorção de um volume mínimo de água, correspondendo a 50% de sua massa e a umidade de água no solo não deve ser inferior a 50% da capacidade de campo e nem superior a 85% desta (BARROS, SEDIYAMA, 2009; THOMAS, COSTA, PIRES, 2010).

Para Fietz e Rangel (2008), o período de semeadura de soja em novembro é mais indicado para a região de Dourados considerando os fatores de deficiência hídrica e fotoperíodo. Ao considerar apenas o fator deficiência hídrica, a semeadura é mais favorável em novembro e dezembro na região.

Na região Centro-Oeste do Brasil a semeadura da soja que proporciona melhor produtividade é aquela realizada em novembro, (VAZ BISNETA et al., 2012). A utilização de cultivares precoces proporcionam semeaduras antes de outubro, existindo demanda crescente pela antecipação da semeadura em diversas regiões do país. No Mato Grosso houve um aumento na utilização de cultivares precoces buscando a antecipação da semeadura da soja e visando uma segunda safra de milho (KAPPES, 2013), Figura 2.

Período	Meses											
	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.
1985 a 1990			soja (130 a 150 dias)									
1991 a 1995			soja (120 a 135 dias)				milho (140 a 160 dias)					
1996 a 2000			soja (120 a 135 dias)				milho (140 a 160 dias)					
2001 a 2005			soja (110 a 125 dias)				milho (130 a 150 dias)					
2006 a 2010			soja (110 a 125 dias)				milho (130 a 150 dias)					
2011 a 2013			soja (100 a 120 dias)				milho (130 a 150 dias)					

Figura 2. Ilustração do deslocamento da época de semeadura da soja e do milho segunda safra no Mato Grosso. Fonte: Kappes (2013).

O cultivo da soja no Mato Grosso deve respeitar o período da janela de semeadura de 16/09 a 31/12 de cada ano, calendário agrícola que foi definido pela Instrução Normativa Conjunta SEDEC/INDEA-MT N°002/2.015 que considera os efeitos das condições edafoclimáticas, vantagem competitiva do Estado do Mato Grosso e principalmente o controle fitossanitário da ferrugem asiática e prevenção da perda de eficiência de fungicidas (APROSOJA, 2015).

Kappes (2013), observou que os produtores iniciam a semeadura da soja ao término do vazio sanitário (15/09), sendo que o solo se encontra neste período com baixa umidade, o que dificulta obter boa qualidade na operação de semeadura. O resultado é a redução da produtividade média da soja ao longo dos anos e o aumento da produtividade do milho em segunda safra. O cultivo destas duas culturas permitiria, segundo os produtores, a otimização da utilização do parque de máquinas e implementos agrícolas nas propriedades.

Garcia et al. (2018) demonstraram que a sucessão de soja e milho safrinha, em que a primeira é semeada no início de outubro e a segunda a partir de fevereiro proporciona maiores produtividades totais e além de reduzir o risco climático associado a essas culturas na região sul do Mato Grosso do Sul.

2.2. Operação de semeadura

A qualidade de semeadura, expressa por meio da regularidade de distribuição das sementes no sulco, pode ser afetada por ajustes inadequados do mecanismo dosador, mecanismos de abertura e fechamento do sulco assim como a velocidade excessiva durante a operação (DAMASCENO, 2017; GARCIA et al., 2011; SILVA, KLUTHCOUSKI, SILVEIRA, 2000).

A elevação da velocidade permite aumentar a capacidade operacional, gerando, entretanto, perda na qualidade com a má distribuição de sementes ao longo da linha de semeadura de milho (TROGELLO et al., 2013). Há redução do percentual de espaçamentos aceitáveis entre sementes para o cultivo do milho com o aumento da velocidade de trabalho, independentemente da densidade de plantas (DIAS et al., 2009).

O aumento da velocidade do conjunto trator semeadora adubadora reduz a produtividade do milho com o uso de sementes híbridas simples, diferente de híbridos duplos. Além disso, velocidades elevadas reduzem o percentual de espaçamento adequados entre sementes (MELLO et al., 2007). O aumento da velocidade na semeadura interfere nos valores dos indicadores de desempenho com alteração do espaçamento entre sementes na linha maior que o necessário (IVANČAN; SITO; FABIJANIĆ, 2004).

Para Mahl et al. (2004), o aumento da velocidade de semeadura no cultivo do milho possibilita elevação da capacidade operacional, com incremento na demanda de potência na barra de tração e com redução no consumo operacional de combustível. Maiores velocidades causam menor percentual de espaçamentos normais e aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, maior coeficiente de variação e baixo índice de precisão.

O deslocamento em altas velocidades de trabalho na semeadura de soja apresenta diferenças significativas na distribuição longitudinal para o sistema pneumático nas variáveis de espaçamentos múltiplos e aceitáveis, concluindo-se que há aumento de espaçamentos múltiplos e redução dos aceitáveis em maiores velocidades (JASPER et al., 2011).

Na semeadura da soja, o aumento da velocidade provoca a diminuição da força de tração, aumento na capacidade de campo operacional e a potência demandada na barra, com acréscimo no consumo de combustível com a velocidade (FURLANI et al., 2007).

O consumo de combustível por unidade de área semeada, também é afetado pelos ajustes, (LAURIANO et al., 2017). As variáveis do ambiente e ajustes das semeadoras-adubadoras afetam seu desempenho podendo acarretar alteração na dosagem dos produtos

pelos mecanismos (DE QUEIROZ et al., 2017) e a demanda de força para tração (DA SILVA et al., 1998). Para evitar perdas durante a etapa de semeadura é necessário reconhecer as limitações impostas pelas características dos equipamentos e do ambiente, caso contrário a uniformidade da distribuição será afetada e o nível de danos às sementes será elevado (ALBERTO; FRANZ; FOLLE, 1998).

2.3. Planejamento do sistema mecanizado

Os sistemas mecanizados permitem a execução das operações e devem ser definidos de modo criterioso. Na Figura 3 é apresentado um modelo adaptado por Milan (2004), para a seleção de máquinas. Dada uma condição inicial em que se constata a necessidade de máquinas (1) procede-se à etapa de análise operacional, na qual são relacionadas as operações (2) e épocas de realização (3). Na etapa seguinte, denominada de planejamento para a seleção, é calculado o tempo disponível (4) para a realização de cada operação, e a estimativa do ritmo operacional (5). O processo passa a ser iterativo na definição do número de conjuntos (6). No denominado plano de seleção se estabelece dentre as combinações possíveis de equipamentos disponíveis, aquela que permite simultaneamente atender ao ritmo operacional e minimizar os custos, passos 7 a 13.

O planejamento do sistema mecanizado adequado faz-se necessário para manter os custos diretos e indiretos da semeadura em níveis aceitáveis. Para Balastreire (1987), os custos diretos na operação de semeadura são divididos em fixos e variáveis, os custos fixos são aqueles que ocorrem independentemente de a máquina ser ou não utilizada, também chamados de custos de propriedade, que incluem a depreciação, juros, alojamentos e seguros. Os custos variáveis são dependentes do uso do equipamento, sendo constituídos pelos componentes combustível, lubrificantes, manutenção (reparos, substituição periódica de componentes, peças, etc.) e salários.

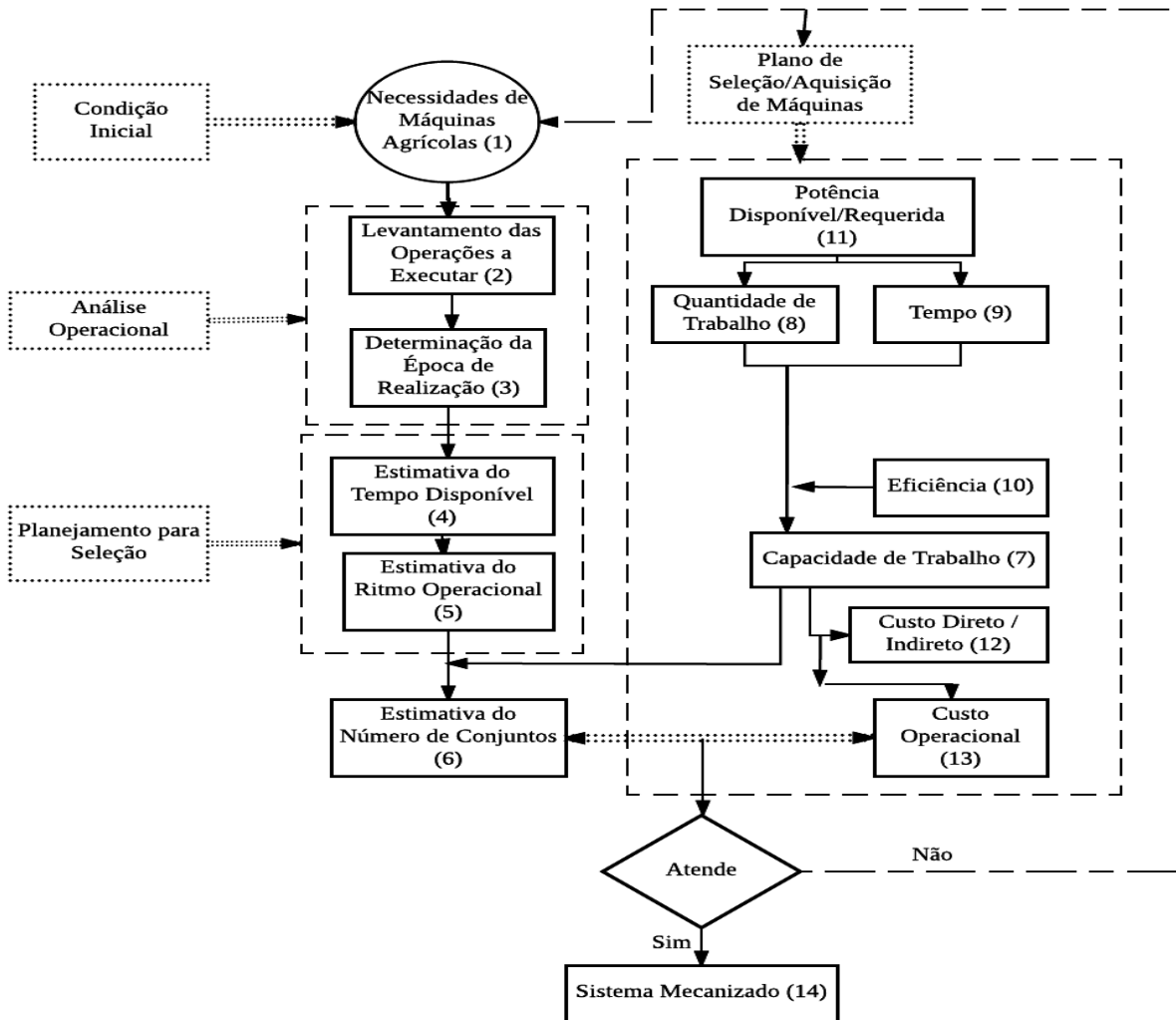


Figura 3. Fluxograma do processo de seleção de sistema mecanizado, segundo Milan (2004).

O custo indireto, também conhecido como custo de pontualidade, representa as perdas econômicas acarretadas pela diminuição na produtividade, geralmente relacionada com o planejamento inadequado das operações tendo as etapas de semeadura, aplicação de defensivos e colheita como as mais críticas (MILAN, 2004). A maior produtividade da cultura é obtida na época ideal para semeadura, porém uma das alternativas para reduzir o número de máquinas e implementos agrícolas e elevar as horas trabalhadas anuais é o aumento do período de semeadura, o que pode levar a custos indiretos (VEIGA, 2000).

Os custos de operações mecanizadas oscilam com o preço dos equipamentos, sua capacidade de produção e com o número de máquinas e implementos agrícolas. O custo de pontualidade está inversamente relacionado com a capacidade do maquinário usado nas fazendas. Portanto, nos custos totais relacionados a máquinas nas fazendas estão inclusos os

custos fixos, variáveis, mão de obra e os de pontualidade (SIEMENS; HAMBURG; TYRRELL, 1990).

Para Hunt (1977), os custos indiretos ou de pontualidade surgem pela incapacidade de atender o término da operação de campo em tempo razoavelmente curto, sendo que a produção e a qualidade da safra podem sofrer redução com os atrasos na colheita. Os custos de pontualidade são importantes para o processo de seleção das máquinas. Em experimentos de campo, como no norte do cinturão do milho nos Estados Unidos da América (EUA), estimou-se que cada dia de atraso na semeadura do milho após 15 de maio pode reduzir a produção em $62,77 \text{ kg ha}^{-1}$ (1 bu acre^{-1}). As perdas na colheita do milho no centro-oeste do EUA pode ser $125,54 \text{ kg ha}^{-1}$ (2 bu acre^{-1}) por semana de atraso após atingir a umidade ótima de colheita (26%). Em Ohio (EUA) foram reportadas perdas de $67,25 \text{ kg ha}^{-1}$ (1 bu acre^{-1}) para cada 5 dias após o trigo atingir a maturidade (30% de umidade). No cultivo do algodão encontrou-se perdas de 5% a cada 4 semanas de atraso na colheita, enquanto a cultura da alfafa resultou em perdas de 50 dólares por tonelada a cada dia de atraso no corte.

O significado econômico dos atrasos das operações agrícolas é medido pelo coeficiente de pontualidade. O termo define o valor de perda por hectare para cada dia de atraso na operação após a data de operação em que o valor máximo correria. O conhecimento da interação entre as datas de semeadura e colheita sobre a produtividade, permite a obtenção de parâmetros para a seleção ótima de conjuntos nas datas requeridas com a minimização das perdas por pontualidade (CHANCELLOR; CERVINKA, 1974). A pontualidade é obtida quando a mão-de-obra disponível, usando um conjunto de máquinas agrícolas disponíveis, completa cada operação dentro de um período ótimo (BURROWS; SIEMENS, 1974).

2.4. Cálculo do tempo disponível para realização de operações mecanizadas

A estimativa do tempo disponível é determinante na definição do sistema mecanizado, entretanto sua obtenção não é simples, depende do número total de dias reservados para a operação, o número de domingos e feriados não trabalhados, dias impróprios para o trabalho devido a condições ambientais, jornada de trabalho e eficiência gerencial ou administrativa, (MILAN, 2004).

Para Mialhe (1974), em mecanização agrícola dia úmido é aquele com alto teor de água no solo, dificultando ou impedindo o tráfego e o trabalho de máquinas e implementos agrícolas.

A estimativa de dias úmidos, a partir dos quais pode-se calcular os dias secos deve levar em conta o tipo de solo, os dados meteorológicos da região e a camada de solo cultivada.

Há uma extensa lista de publicações que abordam o estabelecimento de dias trabalháveis, sendo algumas relacionadas na Tabela 1. A capacidade de água disponível, profundidade do solo e quantidade de precipitação são usualmente levadas em consideração (CASTRO NETO, 2001).

Tabela 1. Condições de umidade do solo, profundidade e quantidade de chuva considerados para a determinação dos dias trabalháveis. Adaptado de Castro Neto (2001), segundo Vieira (2017).

Autores	Parâmetros e limites para definir dia trabalhável		
	Água no solo % da CAD	Camada do solo cm	Precipitação mm
Morey et al. citado por Hassan e Broughton (1975)	< 95	0 a 15 cm	< 2,5
Frisby (1970)	≤ 100	---	---
Earl (1997)		0 a 15 cm	5,0 a 20,0 (trafegabilidade) 10,0 a 30,0 (trabalhabilidade)
Sediyama et al. (1979)	< 90	0 a 15 cm	---
Agendes e Mota (1986)	< 84	0 a 12 cm	---
Elliot, Lembke e Hunt (1977)	< 80 - Franco-siltosos < 90 - Franco-arenosos	Camada superior do perfil	≤ 5,1
Bolton citado por Assis (1988)	70 a 80	---	---
Nath e Johnson citado por Afféri (1992)	< 85	0 a 15 cm	---
Rumsey e Torres (1989)	---	---	< 6,4 (dia anterior seco) < 2,5 (dia anterior chuvoso)
Assis (1988)	---	0 a 15 cm	≤ 5,0 (no dia) ≤ 10,0 (dia anterior)
Acharya e Brown citado por Von, Meng e Schroeder (1986)	< 95	0 a 12 cm	< 3,8
Fernandes (1996)	≤ 90	---	Precipitação do dia for < 5 mm, ou que a precipitação do dia for < 0,2 mm e no dia anterior a precipitação for < 2 mm, ou que o dia anterior for < 10 mm
Erthal e Sentelhas (1995)	40 a 90		< 5,0
Monteiro, Sentelhas e Piedade (2011)	40 a 90		< 5,0
Ataíde et al. (2012)	90	0 a 30 cm	< 5,0
Monteiro, Sentelhas e Piedade (2014)	40 a 90		< 5,0
Estrada et al. (2015)	40 a 90		< 5,0

O clima e o tipo de solo influenciam no número de dias trabalháveis, impactando os custos de produção agrícola segundo Tulu et al. (1974), citado por Castro Neto (2001). Além disso, a estimativa precisa dos dias disponíveis para operações de campo terá um nível ou probabilidade de risco associado e se aplicará a uma determinada região climática, característica do solo, sistema de drenagem e limiar de umidade do solo (NOLTE; FAUSEY; SKAGGES, 1983).

Solos argilosos armazenam água por um período maior, necessitando de maiores cuidados nas operações e durante o tráfego de máquinas para reduzir os riscos de compactação (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000a). Solos classificados como Latossolo Vermelho-Escuro apresentam maior suscetibilidade à compactação em grau de saturação próximo de 70% da CAD, enquanto menores riscos ocorrem em valores inferiores a 50%. Para o solo Podzólico Vermelho-Amarelo há alta suscetibilidade à compactação mesmo em níveis baixos de saturação inicial (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000b).

Quando há o movimento de máquinas agrícolas sobre o solo sem ocasionar perdas expressivas na sua qualidade física, considera-se que o solo é trabalhável (HASSAN; BROUGHTON, 1975).

A trafegabilidade é medida pela capacidade do solo suportar um equipamento, sendo diretamente relacionada com a umidade e, portanto, dependente das condições climáticas, de acordo com *Defense Mapping School* (1986), conforme citado por Castro Neto (2001).

Chipanshi et al. (2018), avaliaram a capacidade de suporte do solo na região agrícola das pradarias canadenses a partir de um conjunto de dados climáticos georreferenciados. Os autores descobriram que, em média, os solos com maior teor de argila tinham baixa capacidade de suporte no momento da semeadura, sendo que quanto mais argiloso o solo, maior o impacto em operações agrícolas mecanizadas.

A estimativa da probabilidade do número de dias favoráveis para o trabalho de máquinas e implementos agrícolas é muito importante para o planejamento das operações nas etapas de preparo do solo, semeadura, aplicação de defensivos e colheita (ESTRADA et al., 2015).

Diversos autores apresentaram parâmetros para caracterização dos dias trabalháveis. Rotz et al. (2005), desenvolveram um modelo para verificar o número de dias apropriados para operações mecanizadas de campo. Por meio da análise de sensibilidade dos componentes do modelo, esses autores identificaram que as condições de trabalhabilidade do solo foram mais sensíveis às estratégias de manejo do que às suas características intrínsecas.

De acordo com Elliot, Lembke e Hunt (1977), o número de dias disponíveis para o preparo do solo diminui com o aumento do percentual de cobertura do solo, além das características do solo. Os autores verificaram que o aumento da capacidade de drenagem resultou num aumento perceptível no total de dias disponíveis.

Para Ataíde et al. (2012), no município de Londrina, PR, maiores probabilidades de dias favoráveis para operações mecanizadas ocorrem em abril e as probabilidades de dois dias seguidos favoráveis ao tráfego de equipamentos agrícolas é maior entre os meses de junho e agosto. No estudo se considerou como dias inadequados aqueles com precipitação ≥ 10 mm, enquanto os dias favoráveis foram estabelecidos em função do armazenamento de água no solo ≤ 90 % da capacidade de água disponível (CAD) na camada até 0,30 m desde que com precipitação ≤ 5 mm.

Para Assis et al. (1989), umidade dos Latossolos igual ou menor a 90% da disponibilidade total de água nos primeiros 0,15 m permite trafegar sem ocasionar a compactação. A precipitação também deve ser considerada, sendo que quando igual ou acima de 5,0 mm indica um dia inadequado para trabalho de campo, independentemente da água disponível nos 0,15 m da camada de solo. Quando no dia anterior ocorre precipitação igual ou superior a 10 mm o dia também foi considerado inadequado.

Monteiro, Sentelhas e Piedade (2014), estimaram a sequência de dias favoráveis e o total de dias disponíveis para operações mecanizadas de manejo do solo. Para isso, considerou precipitações diárias < 5 mm e o armazenamento relativo de água (ARM) o solo entre 40 e 90 % da CAD, sendo esta determinada pelo balanço hídrico sequencial diário utilizando o método de Thornthwaite e Mather (1955), com valor representativo da CAD de 100 mm para os solos da região.

Em operações de preparo do solo, com faixa de água de 40 a 90% da CAD, ocorrem as melhores condições para o trabalho em campo, de acordo com Monteiro, Sentelhas e Piedade (2014) e Estrada et al. (2015), enquanto que na semeadura recomenda-se em torno de 70% da CAD. A melhor germinação da semente de soja ocorre quando o conteúdo de água disponível do solo está entre 50 a 85% do total máximo disponível (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

A condição de manejo do solo também pode afetar o número de dias considerados inadequados ao trabalho, (DALMAGO et al, 2009). A disponibilidade de água para as plantas é estimada em função da profundidade das raízes e da capacidade de água disponível no solo. Solos com textura arenosa, textura média e textura argilosa apresentam capacidade armazenamento de água de 35, 55 e 75 mm, na camada de 0,5 m para a cultura da soja respectivamente (MAPA, 2017; SALTON; TOMAZI, 2014). A condição considerada como favorável ao manejo do solo com uso de máquinas agrícolas em operações em que se deseja

condição intermediária de umidade é aquela em que a armazenagem de água no solo oscila entre 40 a 90% de sua capacidade máxima (ERTHAL; SENTELHAS, 1995).

Para Estrada et al. (2015), o período favorável ao trabalho dos equipamentos agrícolas para o cultivo do arroz irrigado, compreende do segundo decêndio de novembro ao primeiro decêndio de abril no município de Santa Maria, RS. Os autores consideraram como dia favorável para o trabalho dos equipamentos agrícolas aqueles com precipitação < 5 mm e com ARM de 40 a 90% da CAD. Estimou-se as probabilidades condicionais nos dias favoráveis a operações de campo mecanizadas por meio do balanço hídrico sequencial diário pelo método descrito por Thornthwaite e Mather (1955), com CAD de 100 mm, em função das características físicas do tipo de solo da região.

Para Vieira, Sentelhas e Pereira (2019), no planejamento para colheita mecanizada de cana-de-açúcar, devem se considerar a probabilidade de dias trabalháveis (NWD) em conjunto com a probabilidade da sequência de dias trabalháveis (WD) em períodos de 10 dias, para a operação no Estado de São Paulo. A probabilidade de dois dias trabalháveis em sequência foi de 50%, atingindo máximo próximo de 90% nas regiões estudadas. A probabilidade de obter 8 dias ou mais WD no período de 10 dias foi abaixo de 40% ao longo do ano. Nos cálculos os autores consideraram como critérios uma capacidade de retenção de água no solo de 40 mm, precipitação ≤ 3 mm e armazenamento relativo de água no solo $\leq 90\%$, sendo utilizada uma série histórica de 32 anos em 10 locais no estado.

2.5. Análise de sensibilidade

Segundo Noronha (1981), com o uso da análise de sensibilidade, procura-se modificar uma variável de cada vez, deixando as demais nos níveis originais, pressupondo-se que cada variável afeta o resultado independentemente das demais.

Pishgar-Komleh, Sefeedpari e Rafiee (2011), utilizaram a análise de sensibilidade dos insumos energéticos para analisar as entradas de energia no rendimento na produção de arroz, determinando-se o valor da produtividade física marginal (MPP), baseada nos coeficientes de entrada. Os resultados indicaram que os maiores valores de MPP foram o combustível, seguido das máquinas, pesticidas e de sementes.

Michelazzo e Braunbeck (2008), utilizaram análise de sensibilidade para o custo dos parâmetros envolvidos nos sistemas de recolhimento do palhço de cana, desde a colheita até

a entrega na esteira da usina, estimaram as alterações no custo resultante com variações incrementais de 1%.

Para Baio et al. (2004), a análise de sensibilidade dos componentes dos custos operacionais mostrou que o parâmetro de taxa de reparo foi o fator que mais influenciou no custo horário do conjunto trator pulverizador, seguido da taxa de depreciação. Os autores observaram que o custo horário diminuiu com o aumento da jornada de trabalho, porque houve uma redução do ritmo operacional, com a possibilidade de uso de pulverizador de menor capacidade e de menor valor de compra. Entretanto, os equipamentos necessitaram trabalhar em maior número de horas para pulverizar a mesma área devido à sua baixa capacidade fazendo com que se elevasse o custo por área.

Kavka, Mimra e Kumhála (2016), utilizaram a análise de sensibilidade para estimar os impactos no custo unitário de colhedoras. Os fatores mais importantes foram o uso anual dos equipamentos, preço de compra e custo do combustível. Por outro lado, os custos de manutenção e de mão de obra tiveram menores impactos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A estratégia empregada para o desenvolvimento do trabalho foi traçada em função da disponibilidade de dados que pudessem ser organizados e processados para permitir o relacionamento entre o que ocorreu ao longo de um período com o que seria realizado seguindo o planejamento com base em modelo para cálculo do ritmo operacional, sendo necessário para tal realizar a estimativa do disponível. Os mesmos procedimentos foram utilizados para conjuntos de municípios de duas macrorregiões, médio norte e sudeste, que possuem um sistema de cultivo de soja semelhante no estado de Mato Grosso.

Dados históricos de realização da operação permitiram estimar as intensidades de semeadura em termos de percentual de área semeada por dia para os períodos em que houve maior intensidade dentro de cada safra e macrorregião, e a intensidade média para o período total também dentro de 6 safras (2012/13 a 2017/18) em ambas macrorregiões.

O cálculo do tempo disponível para o planejamento da realização da operação exige entradas referentes ao número de dias trabalháveis, sendo estes definidos com base na precipitação e no armazenamento de água pelo solo. Estas informações foram obtidas por meio do processamento de séries históricas de precipitação e temperatura máxima e mínima e do cálculo do balanço hídrico considerando as características dos solos predominantes no conjunto de municípios de cada macrorregião. Com base na área semeada por safra e no número de dias trabalháveis obteve-se o percentual de área que deveria ser semeada para finalizar a operação no período.

Os resultados assim obtidos foram apresentados na forma de tabelas e gráficos para facilitar a análise e discussão. Na sequência são detalhados os procedimentos adotados.

3.1. Características dos dados

3.1.1. Locais

As informações referentes à intensidade de semeadura foram obtidas a partir de relatórios da evolução da semeadura da soja nas macrorregiões classificadas como médio-norte e sudeste do estado de Mato Grosso ao longo das safras compreendidas entre 2012/13

a 2017/18. As subdivisões das macrorregiões bem como os dados de evolução foram disponibilizadas pelo Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária (IMEA).

Na Figura 4 são apresentadas as macrorregiões com divisões de municípios. Na macrorregião do médio norte, macrorregião 4 do IMEA, destacam-se os municípios de Lucas do Rio Verde, Nova Mutum, Sinop e Sorriso como grandes produtores. A área média semeada de soja na macrorregião médio-norte foi de 3,04 milhões de hectares entre as safras 12/13 e 17/18 (IBGE, 2018), com propriedades agrícolas com área média de 1.576 hectares (INPUT, 2017). Na macrorregião sudeste, macrorregião 7, destacam-se os municípios de Campo Verde, Itiquira, Pedra Preta, Primavera do Leste e Rondonópolis. A área média semeada de soja na macrorregião sudeste foi de 1,73 milhões de hectares nas safras 12/13 a 17/18 (IBGE, 2018), com propriedades agrícolas com área média de 1.680 hectares (INPUT, 2017). Com a finalidade de facilitar a compreensão, doravante a macrorregião médio norte será descrita como macrorregião MN e a macrorregião sudeste como macrorregião SD.

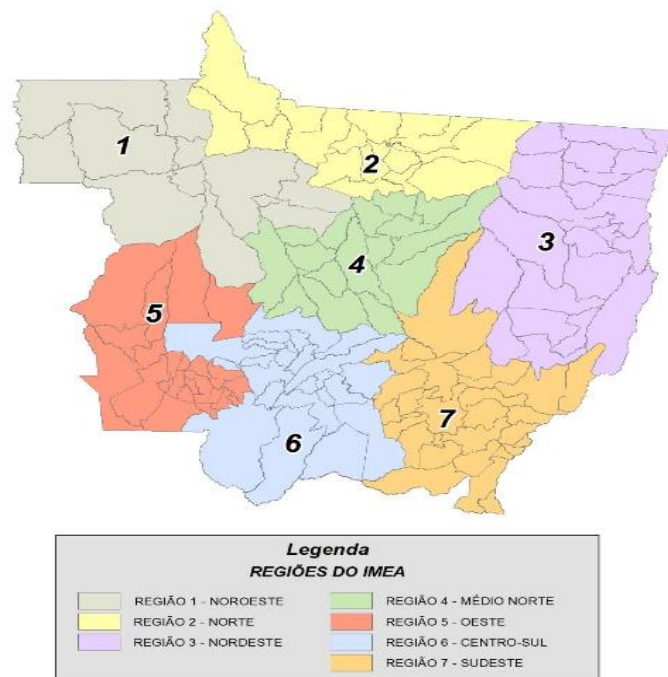


Figura 4. Mapa das macrorregiões do estado do MT. (Fonte: IMEA, 2017).

3.1.2. Histórico de realização da semeadura

O levantamento dos dados de evolução da semeadura é realizado desde a safra 2012/2013 por técnicos do IMEA que consultam ou visitam negociadores de grãos, agricultores e sindicatos rurais por município. A publicação dos dados é realizada pelo site do instituto com frequência semanal. Na Tabela 2 é apresentado um exemplo da informação disponibilizada pela instituição.

Tabela 2. Exemplo da informação disponibilizada pelo IMEA (2018) referente à safra 2017/2018.

Macrorregiões do IMEA	Centro-sul	Médio-norte	Nordeste	Noroeste	Norte	Oeste	Sudeste	Mato Grosso
Área 17/18 (ha*1000)*	697	3.216	1.600	603	307	1.083	1.919	9.425
22/set/17	0,05%	0,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,42%	0,11%	0,14%
29/set/17	0,90%	1,11%	0,00%	0,81%	0,33%	4,33%	0,77%	1,17%
06/out/17	3,12%	8,26%	0,80%	3,60%	3,58%	13,48%	4,97%	6,12%
13/out/17	5,32%	19,74%	1,58%	9,10%	8,08%	40,80%	7,08%	14,44%
20/out/17	13,89%	38,00%	3,43%	24,99%	16,24%	60,68%	10,25%	25,82%
27/out/17	42,73%	58,00%	5,46%	54,10%	35,16%	79,00%	31,29%	44,06%
03/nov/17	72,73%	80,74%	11,82%	82,60%	55,58%	92,49%	59,07%	64,86%
10/nov/17	88,40%	94,24%	30,22%	92,39%	73,60%	98,05%	80,05%	79,70%
17/nov/17	97,77%	99,09%	56,92%	97,30%	83,47%	99,84%	96,28%	90,73%
24/nov/17	100,00	100,00	78,72%	100,00%	96,60%	100,00%	98,91%	96,06%
01/dez/17	100,00	100,00	93,26%	100,00%	99,57%	100,00%	100,00%	98,84%
08/dez/17	100,00	100,00	98,38%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,72%
15/dez/17	100,00	100,00	100,00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Δ Semanal**	0,00 p.p.	0,00 p.p.	1,62 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,28 p.p.
15/dez/16	100,00%	100,00	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Δ entre Safra								
2016/17 e 2017/18**	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.	0,00 p.p.

Obs: (*) Estimativa, (**) Variação em pontos percentuais.

3.1.3. Dados climáticos

Para a estimativa do número de dias trabalháveis foi necessário obter o número de dias impróprios ao trabalho de máquinas devido às condições climáticas. Para tal foram utilizados dados meteorológicos disponibilizados pelo Sistema de Informações Hidro Meteorológica (SIM)

do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para a macrorregião MN as estações meteorológicas estavam localizadas nos municípios de Sorriso, Sinop, Nova Ubiratã e Nova Maringá, conforme Figura 5 (c). Na macrorregião SD, as estações meteorológicas estavam localizadas nos municípios de Alto Araguaia, Alto Taquari, Campo Verde, Guiratinga, Itiquira, Paranatinga e Rondonópolis (Figura 5 d).

O posicionamento geográfico das estações meteorológicas e a área total semeada com soja em cada município, bem como o cálculo da participação são apresentados nas tabelas 3 e 4. Na macrorregião MN, os municípios responderam por aproximadamente 41,5% do total semeado naquela macrorregião e na macrorregião SD por 45,8%.

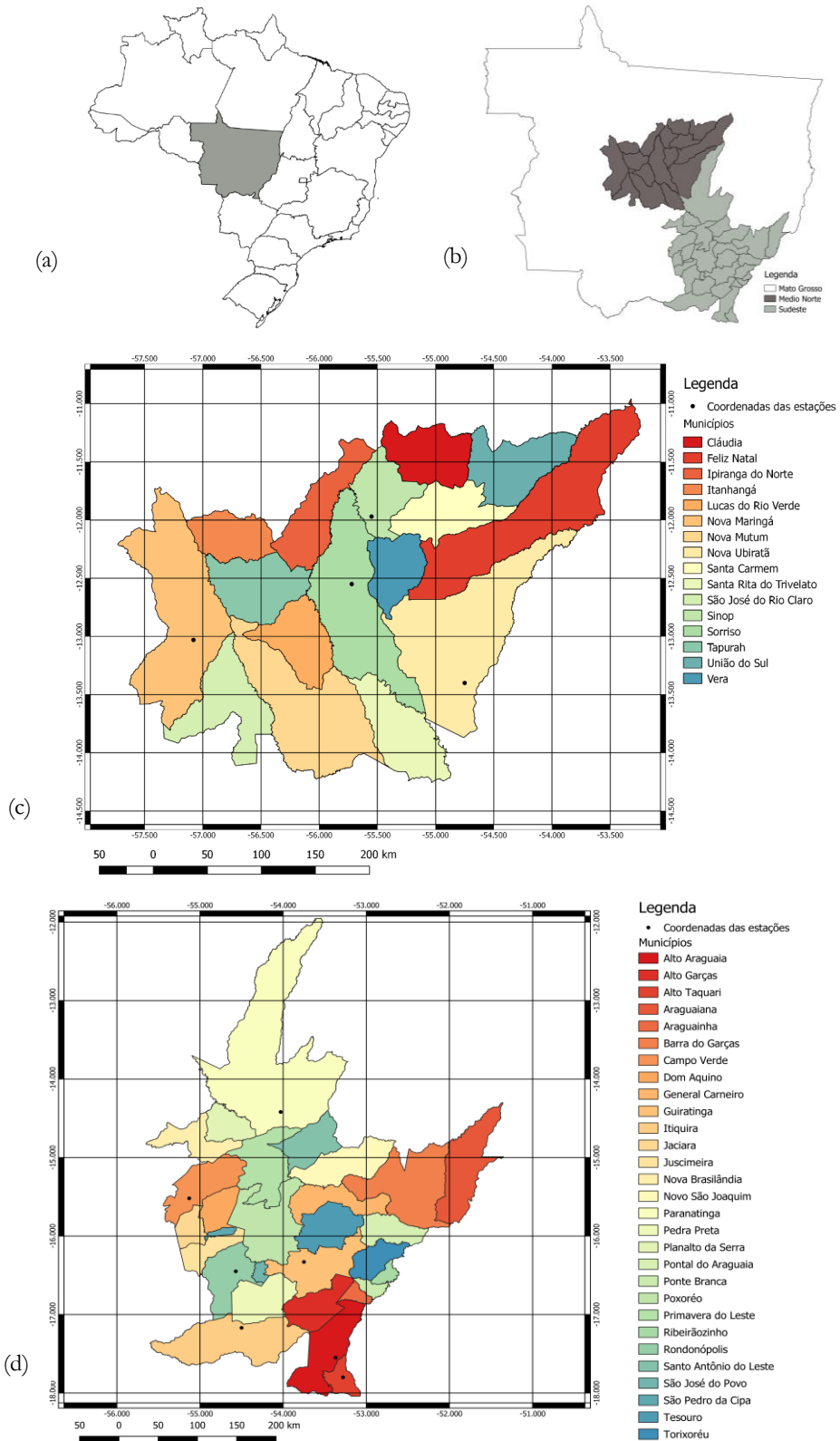


Figura 5. Mapa do Brasil destacando o Mato Grosso (a), macrorregião MN e SD no Mato Grosso (b) e localização das estações meteorológicas dentro dos municípios utilizados na macrorregião MN (c) e SD (d).

Tabela 3. Localização das estações meteorológicas.

Macrorregião	Município	Localização		
		Latitude	Longitude	Elevação (m)
MN	Sorriso	12°33'S	55°43'W	380
	Nova Ubitatã	13°24'S	54°45'W	518
	Nova Maringá	13°02'S	57°05'W	353
	Sinop	11°58'S	55°33'W	371
SD	Campo Verde	15°31'S	55°08'W	749
	Itiquira	17°10'S	54°30'W	585
	Paranatinga	14°25'S	54°02'W	474
	Rondonópolis	16°27'S	54°34'W	284
	Guiratinga	16°20'S	53°45'W	526
	Alto Taquari	17°48'S	53°17'W	875
	Alto Araguaia	17°33'S	53°22'W	753

Tabela 4. Área semeada de soja com municípios e macrorregiões ao longo dos anos em análise. (Fonte: IBGE, 2018).

Macrorregião	Município	Área total semeada (ha*1000) (*)							Participação na macrorregião (%)
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média	
MN	Sorriso	606	620	635	626	620	620	621	20,4
	Nova Ubitatã	280	310	349	358	380	360	339	11,2
	Nova Maringá	126	158	171	180	180	172	164	5,4
	Sinop	121	133	146	142	140	144	138	4,5
SD	Campo Verde	179	202	209	210	217	235	209	12,1
	Itiquira	198	210	177	180	180	151	183	10,6
	Paranatinga	104	156	190	190	210	200	175	10,1
	Rondonópolis	72	75	85	84	85	85	81	4,7
	Guiratinga	57	67	69	63	68	69	66	3,8
	Alto Taquari	49	48	54	53	52	54	52	3,0
	Alto Araguaia	15	25	29	28	28	32	26	1,5
Área municípios macrorregião MN		1.133	1.220	1.301	1.305	1.320	1.295	1.262	41,5
Área municípios macrorregião SD		674	783	813	808	840	826	791	45,8

3.1.1. Dados de tipos de solo

A macrorregião MN apresenta predomínio de solos classificados como Latossolos (SEPLAN-MT, 2001). Estes solos possuem menor capacidade de suporte de carga em períodos chuvosos, com maior compactação na camada superficial do solo. Em períodos secos apresentam maior compactação nas camadas profundas e na medida em que aumenta o número de passadas de máquinas em um mesmo local (SILVA et al., 2006). Para a macrorregião SD, há maior variedade de tipos de solo, relevos planos a suave ondulados, e com características texturais média a média argilosa.

A capacidade de água disponível (CAD) foi estimada até a profundidade de 0,20 m a partir das características dos solos predominantes em cada município e ajustada para solos tropicais com base em Doorenbos e Kassam (1994), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Classes de solo predominante em cada município e suas características.

Macrorregião	Município	Solo predominante*	Textura	CAD** (mm cm ⁻¹)	CAD *** (mm)
MN	Nova Ubiratã	Latossolos Vermelho-Escuro distrófico	Média	1,05	21
	Nova Maringá	Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico	Média	1,05	21
	Sorriso	Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico	Média argilosa	1,5	30
	Sinop	Latossolos Vermelho-Amarelo distrófico	Média argilosa	1,5	30
SD	Paranatinga	Cambissolo álico	Média	1,05	21
	Itiquira	Latossolo Vermelho-Escuro álico	Média	1,05	21
	Alto Araguaia	Areia Quartzosa distrófica	Arenosa	0,5	10
	Guiratinga	Cambissolo álico	Média	1,05	21
	Campo Verde	Latossolo Vermelho-Escuro distrófico	Média	1,05	21
	Rondonópolis	Latossolo Vermelho-Escuro álico	Média	1,05	21
	Alto Taquari	Areia Quartzosa distrófica	Arenosa	0,5	10

*A partir do mapa de solos de SEPLAN-MT, 2001. **Ajustada para solos tropicais com base em Doorenbos e Kassam (1994). ***Considerando a camada de 0 a 0,20 m.

3.2. Cálculo da água armazenada no solo

A estimativa da quantidade de água no solo foi realizada por meio do balanço hídrico climatológico sequencial, método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) citado por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002). Este método necessita apenas dos dados de precipitação, temperatura máxima, mínima e média do ar e das coordenadas geográficas para estimar a evapotranspiração e o armazenamento. A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Hargreaves e Samani (1985), citado por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002).

O banco de dados apresentou falta de leituras diárias das temperaturas do ar em algumas estações meteorológicas sendo necessário efetuar correções. O critério para o preenchimento dos períodos com falhas teve como base os trabalhos de Tabony (1983) e Bier e Ferraz (2017). O processamento foi realizado manualmente em cada série de cada estação com o auxílio de uma planilha eletrônica Excel®. A estação que apresentava problemas foi denominada de “referência”, e as estações que poderiam potencialmente ser utilizadas para estimar os períodos faltantes como “vizinhas”. Selecionou-se a estação vizinha de acordo com

a correlação total (R^2) com a de referência, ajustou-se uma regressão de primeira ordem que foi utilizada para calcular os dados da estação referência com base naqueles disponíveis na vizinha. Embora trabalhoso o uso desta metodologia permitiu completar os dados faltantes uma vez que a variável temperatura apresenta menor variação com a distância, diferentemente da precipitação. As equações obtidas para as estimativas estão nos Apêndices.

Também ocorreram dados faltantes de precipitação e nesse caso a correção foi realizada por meio do percentil de 75% das estações vizinhas e de forma complementar foram utilizados dados de estações da Agência Nacional de Águas (ANA), com base em Garcia et al. (2006) e Lima et al. (2016). Para a macrorregião MN utilizaram-se os dados das estações da ANA localizadas em Nova Maringá, Nova Mutum, Sinop, Sorriso, São José do Rio Claro e Lucas do Rio Verde e na macrorregião SD aquelas localizadas em Alto Araguaia, Alto Taquari, Campo Verde, Guiratinga, Itiquira, Paranatinga e Rondonópolis. As ocorrências e as correções são apresentadas nos Apêndices.

3.3. Cálculo das taxas de semeadura

Os relatórios de progressão da semeadura para cada safra e macrorregião foram processados de modo a obter as taxas máxima e a média dos valores desta ao longo do período estudado. A taxa de semeadura máxima foi obtida por meio dos maiores percentuais de área semeada por semana, que ocorreram sempre próximo ao período central de semeadura. Com base nesses resultados, a taxa de semeadura máxima foi obtida por meio de um ajuste de regressão linear entre os percentuais de área acumulada e o número de dias para as 4 semanas em que a progressão era máxima dentro de cada macrorregião e safra. O coeficiente angular da reta foi considerado como a taxa de realização da operação de semeadura no período em que os recursos mecanizados estão sendo empregados em maior intensidade, sendo denominada taxa de semeadura máxima (TS_{max}), que expressa o percentual diário de área semeada para este período em cada macrorregião e safra. Para o cálculo da área semeada em hectares, os percentuais de semeadura diário foram multiplicados pela área semeada na safra nos municípios considerados em cada macrorregião, conforme a Tabela 4.

A taxa de semeadura média TS_{med} , foi obtida pelo quociente do total de área (100%), pelo número de dias entre o início e o término do período de semeadura conforme o relatório do IMEA, Equação 1.

$$TS_{med} = \frac{100}{ND_T} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

TS_{med} : taxa de semeadura média, % dia⁻¹;

ND_T : número de dias entre o início e final da semeadura.

Os relatórios do IMEA estão disponíveis em escala regional, englobando diversos municípios e foram adotados como representativos para os municípios considerados nas macrorregiões MN e SD, ou seja, aqueles para os quais se dispunha de dados climáticos. Os valores de área semeada em hectares por dia foram calculados para o somatório destes.

3.4. Estimativa do tempo disponível

O cálculo do tempo disponível em cada safra baseou-se no método proposto por Mialhe (1974), conforme Equação 2. Para o cálculo considerou-se o número total de dias (ND_T) para o cultivo de soja como sendo aquele compreendido entre o primeiro registro de área semeada e o término da operação, conforme os relatórios do IMEA. O número de dias impróprios (ND_{imp}) foi obtido a partir de dados climáticos e de condições de umidade do solo e precipitação impostos. É prática comum a realização da semeadura independente do dia da semana ou da ocorrência de feriados e, portanto, todos os dias no período podem ser trabalhados, com exceção daqueles impróprios.

$$T_D = ND_T - ND_{imp} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

T_D : tempo disponível para realizar a semeadura, dia;

ND_T : número total de dias na safra;

ND_{imp} : número de dias impróprios ao trabalho das máquinas.

O número de dias impróprios (ND_{imp}) à semeadura foi obtido por meio do cálculo do conteúdo de água presente no solo no dia da semeadura e da ocorrência de precipitação no dia e no dia anterior. Como critérios foram utilizados os valores encontrados por Assis (1988),

Erthal e Sentelhas (1995) e Monteiro, Sentelhas e Piedade (2014), admitindo como dias não trabalháveis aqueles em que ocorre precipitação superior a 10 mm no mesmo dia e no dia anterior e ainda em que a umidade no solo seja inferior a 40% ou superior a 90% da CAD. Assim, os dias que estavam fora desses parâmetros foram considerados como dias adequados à operação com máquinas.

Foi realizada uma ponderação por meio da representatividade da área cultivada por município na macrorregião, Equação 3.

$$ND_{imp} = \left(\frac{ND_{imp\ p\ m=1}}{AT} \right) * A_{m=1} + \dots + \left(\frac{ND_{imp\ m=n}}{AT} \right) * A_{m=n} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

ND_{imp} : número de dias impróprios;

$ND_{imp\ p}$: número de dias impróprios por município;

$A_{m=1\dots n}$: área semeada no município, ha;

AT : área total dos municípios.

3.5. Estimativa do ritmo operacional

O ritmo operacional da operação de semeadura foi obtido por meio da razão entre área semeada e o tempo disponível (T_D) para realizar a semeadura (Equação 4) (MIALHE, 1974). Em seu cálculo foram utilizados valores de T_D e da área total a ser semeada (A_{TS}) nos municípios representativos.

Foram utilizadas informações do que efetivamente ocorreu em termos de área semeada e variáveis climáticas. Dessa forma, obteve-se um ritmo operacional para cada uma das seis safras em cada macrorregião, simulando uma situação ideal, considerando a previsibilidade acerca do clima.

$$RO = \frac{A_{TS}}{T_D} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

RO : ritmo operacional, em ha dia⁻¹;

A_{TS} : área total semeada dos municípios na macrorregião por safra, ha;

T_D : tempo disponível para realizar a operação, dia.

3.6. Análise de sensibilidade

Para avaliar se algum dos parâmetros apresenta maior influência no cálculo do número de dias impróprios, e por consequência no ritmo operacional, foi realizada a análise de sensibilidade. Foram construídos 27 cenários para avaliar a influência dos fatores precipitação no dia anterior, precipitação no dia considerado e umidade no solo (Tabela 6). Todas as combinações possíveis foram avaliadas, com o cálculo do ritmo operacional para cada uma delas e da média do ritmo operacional para todas as combinações possíveis para cada nível de cada fator ao longo das safras.

Tabela 6. Fatores e níveis utilizados na construção dos cenários na análise de sensibilidade do ritmo operacional.

Precipitação no dia anterior	Precipitação no dia considerado (mm)	Faixa de umidade % da CAD
0	0	20 - 70
5	5	30 - 80
10	10	40 - 90

4. RESULTADOS

4.1. Área total semeada e progressão da semeadura

As áreas semeadas nos municípios da macrorregião MN ao longo das safras (2012/13 a 2017/18) são apresentadas na Figura 6. Houve elevação na área cultivada em todos os municípios, com destaque para Nova Maringá e Nova Ubiratã com acréscimos de 36,1 e 28,5% respectivamente. Sorriso e Nova Ubiratã tiveram maior participação no total de área semeada na macrorregião.

Na macrorregião SD, houve variações na área semeada nos municípios ao longo dos anos, conforme a Figura 7. Observa-se a participação de Campo Verde e Paranatinga no período, com acréscimo de 23,8 e 48,0% respectivamente. Os municípios de Campo Verde, Itiquira e Paranatinga responderam por 70,9% do total semeado no decorrer da última safra, 2017/18.

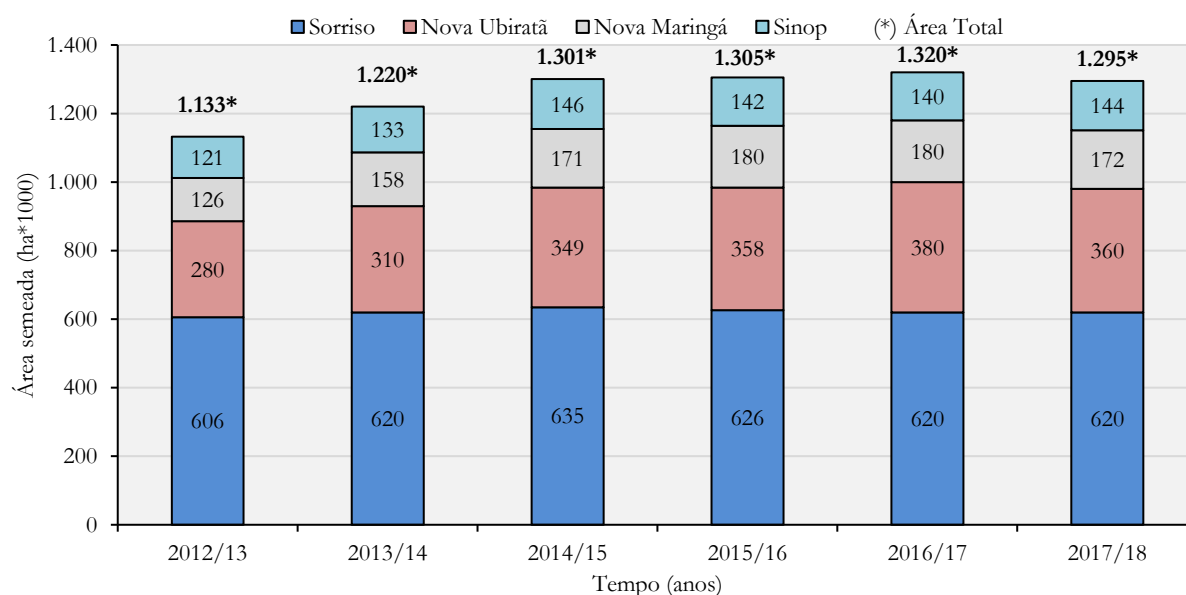


Figura 6. Área semeada com soja dos municípios localizados na macrorregião MN nas safras.

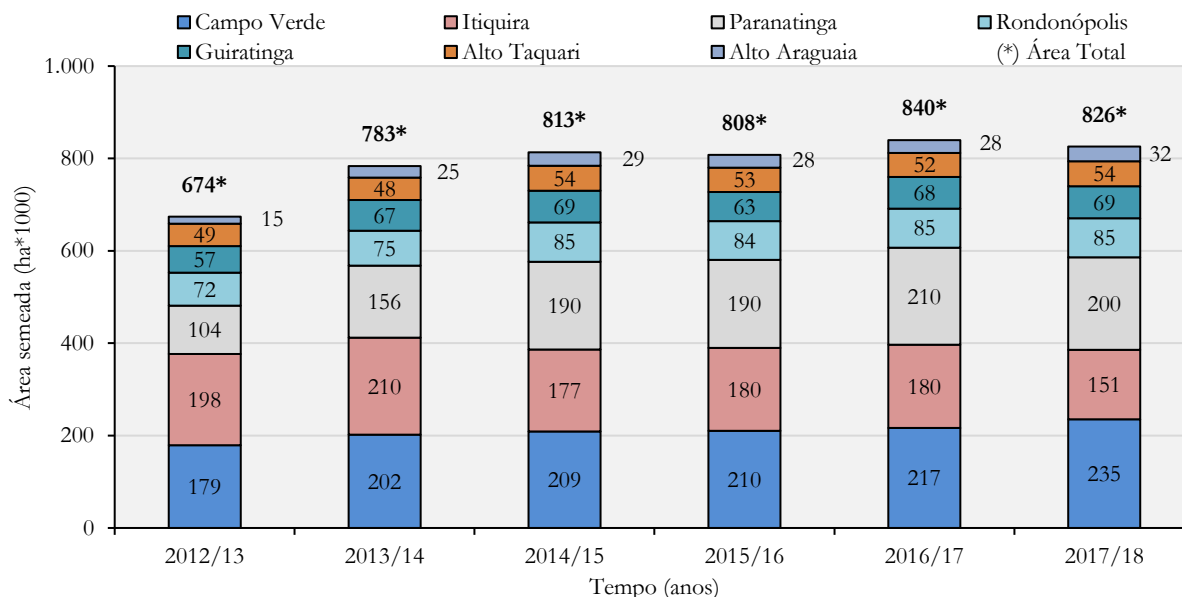


Figura 7. Área semeada com soja dos municípios localizados na macrorregião SD nas safras

A progressão da semeadura na macrorregião MN, é apresentada na Figura 8. Notou-se que embora o início do período de semeadura ocorra oficialmente a partir do dia 16 de setembro, apenas a partir da segunda e terceira semanas começam a ocorrer alterações perceptíveis no montante de área semeada e este incremento de área semeada por semana ocorre abruptamente, embora com dispersão entre os anos. A duração do período de semeadura oscilou desde 56 até 77 dias entre os anos na macrorregião MN, enquanto na macrorregião SD foi entre 64 a 77 dias, conforme Figura 9, sendo o início computado quando se verificava a presença de algum percentual de área semeada na série histórica e a data final quando se atingia 100,0% do total dentro de cada safra.

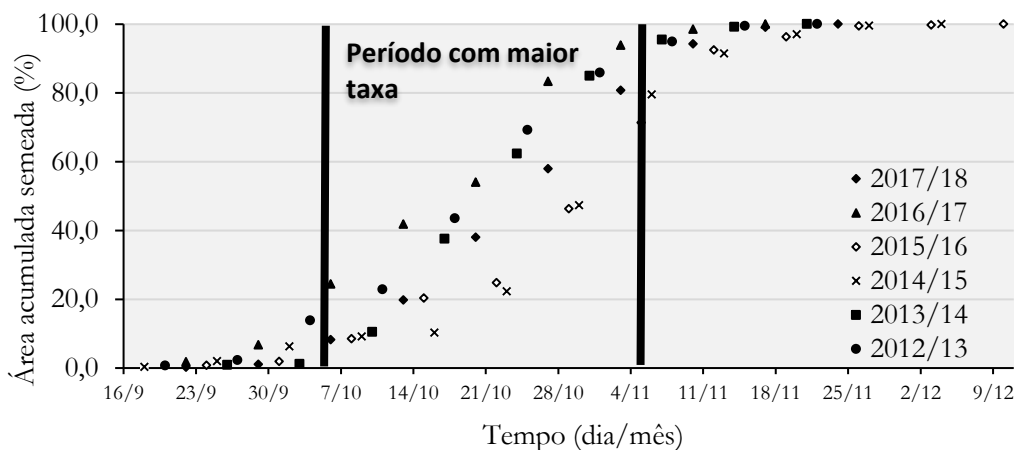


Figura 8. Progressão da área acumulada semeada com soja na macrorregião MN nas safras 2012/13 a 2017/18.

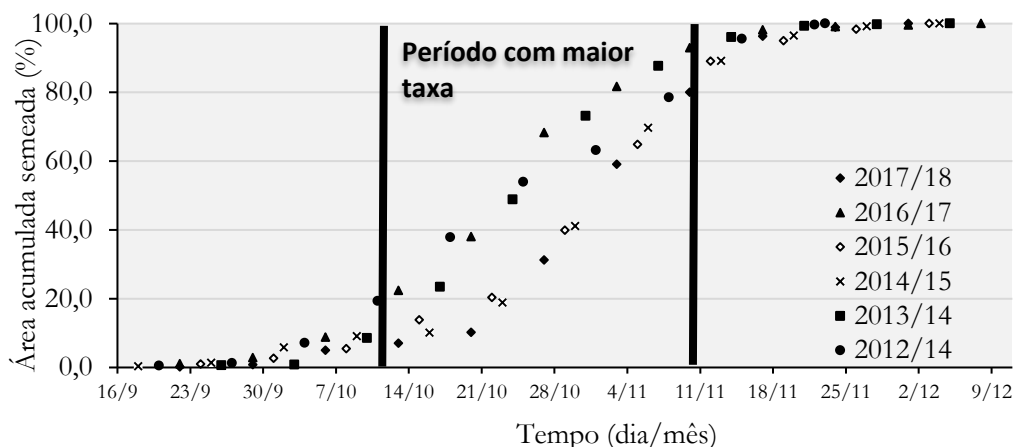


Figura 9. Progressão da área acumulada semeada com soja na macrorregião SD nas safras 2012/13 a 2017/18.

Os momentos em que foram atingidos 25 e 75% de área semeada acumulada na safra por macrorregião são apresentados na Tabela 7. Verifica-se que não há uma relação definida da data de início com a duração do período, além de não haver relação entre os tempos nas macrorregiões.

A variação da área acumulada semeada ao longo das safras é apresentada na Figura 10. Observa-se que na macrorregião MN, a semeadura se inicia e finaliza antes, o que pode estar relacionado à estabilização das precipitações no início da safra por sua proximidade ao bioma amazônico e de solos com textura de média a argilosa. Por meio dos boletins disponibilizados pelo IMEA (Tabela 8), a macrorregião MN tem o menor número de dias totais para o término da semeadura, diferentemente da macrorregião SD, o que mostra que ambas macrorregiões têm características diferentes para o manejo da semeadura da soja.

Tabela 7. Período preferencial nos percentuais de semeadura acumulada nas safras.

Safra	25% de área acumulada semeada		75% de área acumulada semeada		Tempo, dia (*)	
	Macrorregião	Macrorregião	Macrorregião	Macrorregião	Macrorregião	Macrorregião
	MN	SD	MN	SD	MN	SD
2012/13	12/10	14/10	26/10	6/11	14	23
2013/14	13/10	17/10	27/10	31/10	14	14
2014/15	24/10	27/10	5/11	7/11	12	11
2015/16	22/10	26/10	6/11	7/11	15	12
2016/17	6/10	14/10	24/10	28/10	18	14
2017/18	16/10	24/10	1/11	8/11	16	15

Obs.: (*) Diferença do tempo em 25 e 75% de área semeada acumulada.

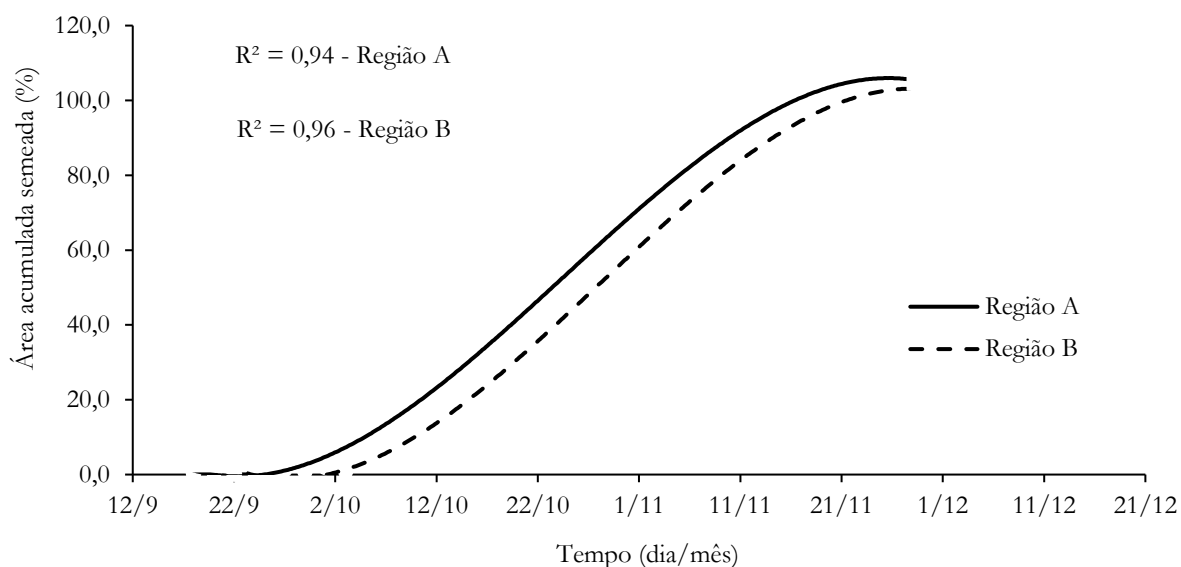


Figura 10. Área acumulada semeada com soja ao longo da média das safras.

Tabela 8. Período de semeadura, com datas de início e término dos boletins, além do número de dias corridos de semeadura nas macrorregiões.

Macrorregião	Saфра	Período de semeadura		ND _T (dia)
		Início	Término	
MN	2012/13	20/9	22/11	63
	2013/14	26/9	21/11	56
	2014/15	18/9	4/12	77
	2015/16	24/9	10/12	77
	2016/17	22/9	17/11	56
	2017/18	22/9	24/11	63
SD	2012/13	20/09	23/11	64
	2013/14	26/09	05/12	70
	2014/15	18/09	04/12	77
	2015/16	24/09	03/12	70
	2016/17	22/09	08/12	77
	2017/18	22/09	01/12	70
Média MN	-	-	-	65
Média SD	-	-	-	71

4.2. Taxas de semeadura

4.2.1. Macrorregião MN

O ajuste das regressões para obtenção da taxa de semeadura máxima realizado para cada safra é apresentado na Figura 11 para a macrorregião MN. Verifica-se que o menor coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,97, com valor médio da taxa máxima semeadura ($TS_{máx}$) obtida de 3,03% ao dia, correspondendo a 38,22 mil ha ao dia, conforme apresentado na Tabela 9. A $TS_{méd}$ foi de 1,54% ao dia, oscilando entre 1,30 e 1,79.

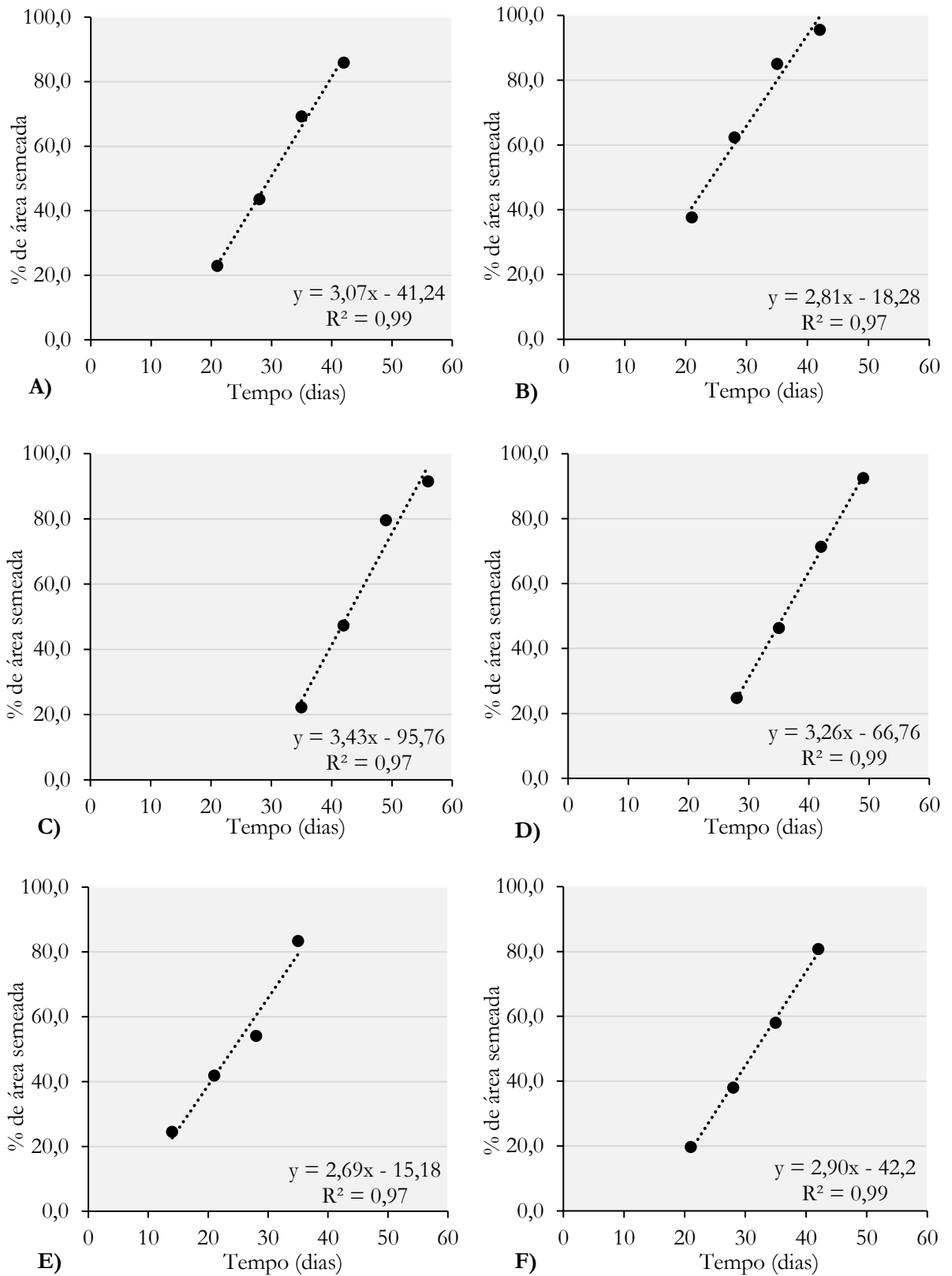


Figura 11. Regressões lineares entre o percentual de área semeada com soja e os dias para as safras na macrorregião MN. Obs.: A) 2012/13, B) 2013/14, C) 2014/15, D) 2015/16, E) 2016/17 e F) 2017/18.

Na Tabela 9 observa-se que durante os anos houve variação no período de semeadura e nos percentuais de área semeada, o que pode ter sido influenciado por condições climáticas desfavoráveis. Além disso, pode ter ocorrido alteração com diversificação do uso de cultivares permitindo melhor aproveitamento e planejamento de safra.

Na macrorregião MN foi observado pequeno aumento da área semeada de 2012/13 a 2016/17, passando de 1.133 para 1.320 mil ha, havendo, entretanto, redução para 1.295 mil ha em 2017/18. A média geral da área cultivada de soja nestes municípios foi de 1.262 mil ha.

Houve variação dos valores da intensidade de semeadura no decorrer dos anos, $TS_{máx}$ foi maior em 2014/15, com valor de 44,61 mil ha dia⁻¹ e menor na safra de 2013/14, com 34,28 mil ha dia⁻¹, uma variação de 30,13%.

Tabela 9. Data de início e término, área semeada, taxa de semeadura da soja máxima na macrorregião MN.

Safra	Data		Área total semeada, ha*1000	$TS_{máx}$, % dia ⁻¹ (*)	$TS_{máx}$, ha*1000 dia ⁻¹
	Início	Término			
2012/13	20/9	22/11	1.133	3,07	34,77
2013/14	26/9	21/11	1.220	2,81	34,28
2014/15	18/9	4/12	1.301	3,43	44,61
2015/16	24/9	10/12	1.305	3,26	42,56
2016/17	22/9	17/11	1.320	2,69	35,51
2017/18	22/9	24/11	1.295	2,90	37,56
Média	-	-	1.262	3,03	38,22

Obs.: (*) Percentual ou área semeada por dia no período de maior intensidade.

A $TS_{máx}$ apresentou relação direta com o total de dias na safra, Figuras 12 e 13. Este comportamento pode estar relacionado com condições climáticas desfavoráveis o que acaba por elevar ND_T , mas também o número de dias em que não é possível semear exigindo maior intensidade nos momentos em que não há restrições climáticas.

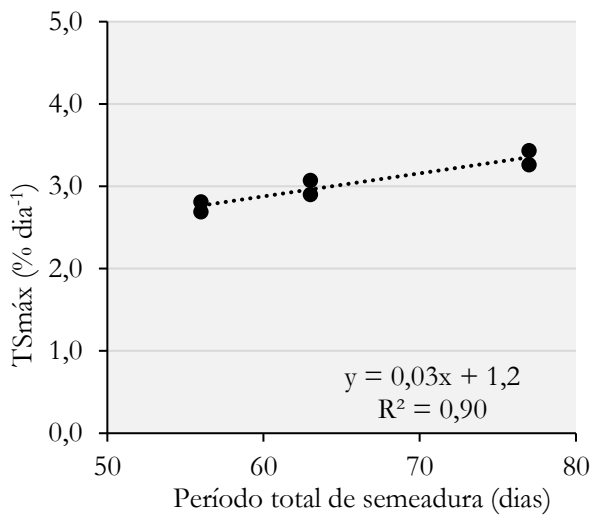


Figura 12. Taxa de semeadura máxima (% dia⁻¹) e o período total de safra na macrorregião MN.

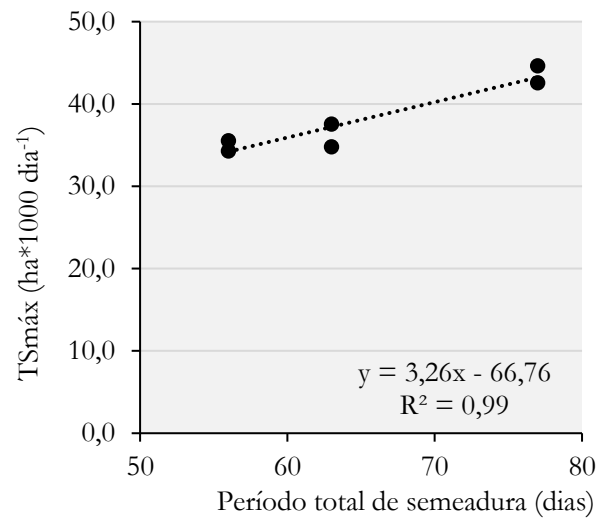


Figura 13. Taxa de semeadura máxima (ha*1000 dia⁻¹) e o período total de safra na macrorregião MN.

4.2.2. Macrorregião SD

Os ajustes de regressões para obter a taxa de semeadura máxima (TS_{máx}) realizada para cada safra são apresentados na Figura 14. Obteve-se coeficiente de determinação (R²) de 0,98, notou-se uma menor dispersão nas taxas de semeadura entre as safras e percentuais semelhantes de área semelhantes de área semeada ao longo do tempo, com valor da média da taxa máxima de 3,00% ao dia ao longo do período avaliado, correspondendo a 23,92 mil ha dia⁻¹, conforme apresentado pela Tabela 10.

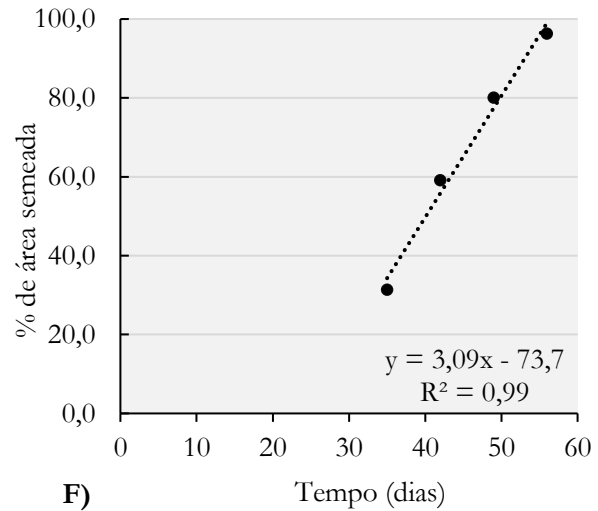
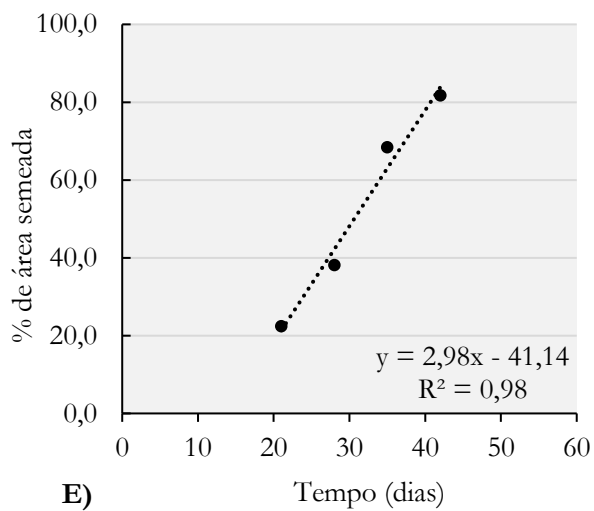
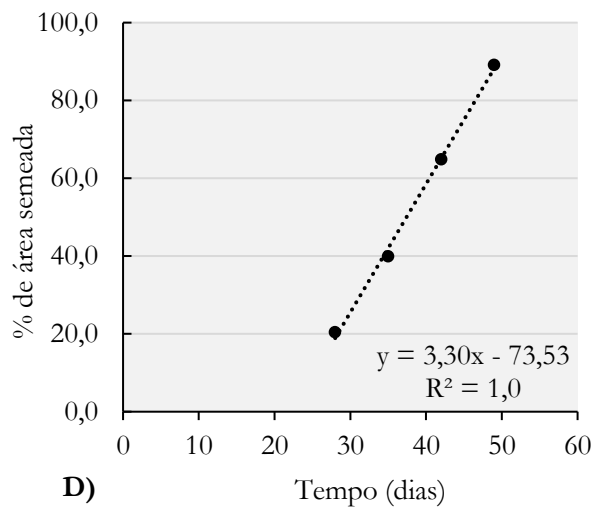
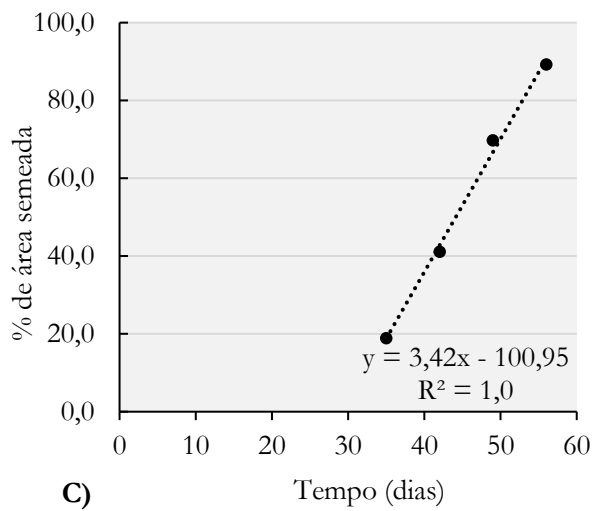
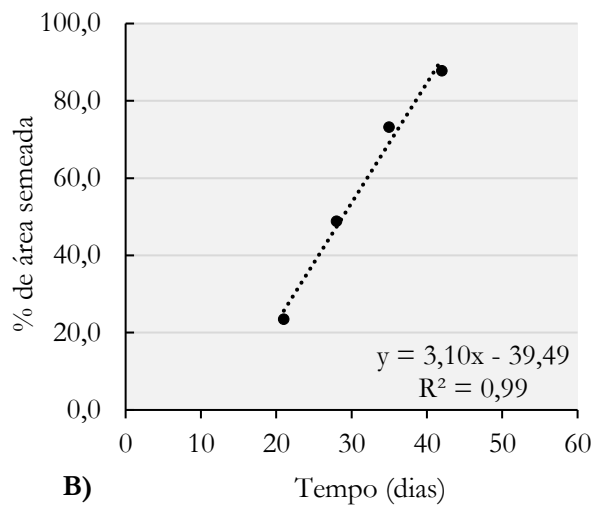
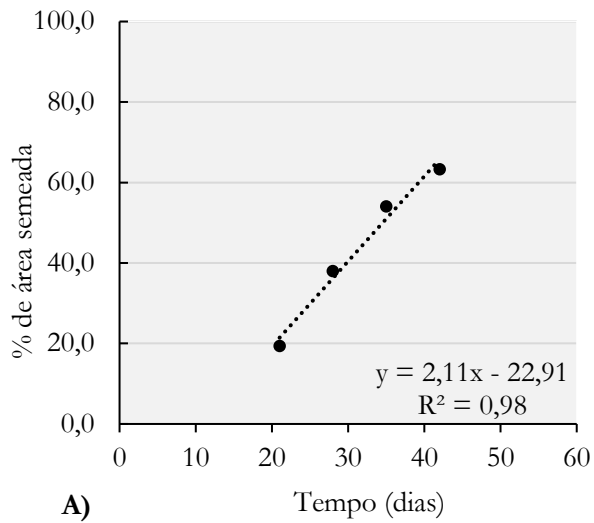


Figura 14. Regressões lineares entre o percentual de área semeada e os dias para as safras na macrorregião SD. Obs.: A) 2012/13, B) 2013/14, C) 2014/15, D) 2015/16, E) 2016/17 e F) 2017/18.

Verifica-se que a área semeada com soja nos municípios estudados na macrorregião SD apresentou aumento acumulado de 19,07% em seis anos, resultando em área média de 790,7 mil ha.

Nas safras de 2012/13 e 2014/15, ocorreram o menor e maior valor da $TS_{máx}$, com 2,11 e 3,42% ao dia, respectivamente. Considerando-se a área total semeada, observa-se que o menor e maior $TS_{máx}$ foi de 14,23 e 27,83 mil ha dia⁻¹ em 2012/13 e 2014/15. A $TS_{méd}$ foi de 1,41% ao dia, oscilando entre 1,30 e 1,56.

Tabela 10. Data de início e término, área semeada, taxa de semeadura da soja máxima na macrorregião SD.

Saфра	Data		Área semeada no período, ha*1000	$TS_{máx}$, % dia ⁻¹ (*)	$TS_{máx}$, ha*1000 dia ⁻¹
	Início	Término			
2012/13	20/9	23/11	674,0	2,11	14,23
2013/14	26/9	5/12	783,2	3,10	24,30
2014/15	18/9	4/12	813,3	3,42	27,83
2015/16	24/9	3/12	808,1	3,30	26,68
2016/17	22/9	8/12	839,7	2,98	24,99
2017/18	22/9	1/12	825,8	3,09	25,47
Média	-	-	790,7	3,00	23,92

Obs.: (*) Percentual ou área semeada por dia no período de maior intensidade.

O período de semeadura de soja nas safras apresentou relação direta com a $TS_{máx}$ (ha*1000 dia⁻¹), conforme demonstrado nas Figuras 15 e 16, assim como observado na macrorregião MN, porém com maior dispersão.

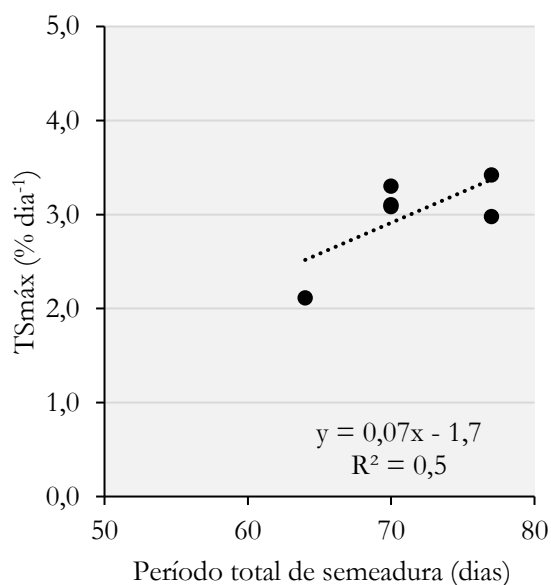


Figura 15. Taxa de semeadura máxima (% dia⁻¹) e o período total de safra na macrorregião SD.

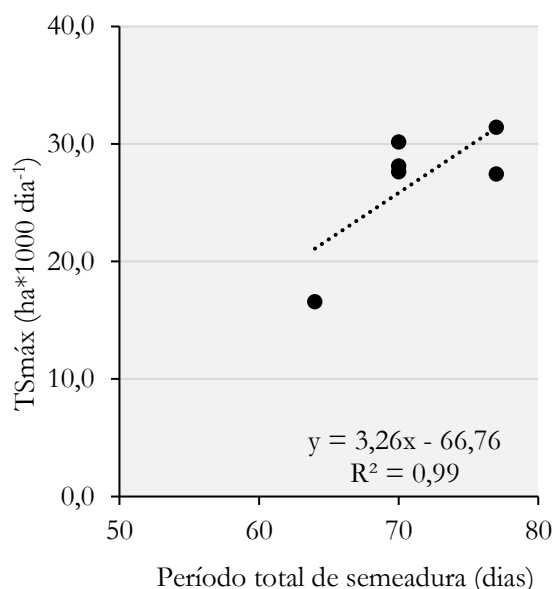


Figura 16. Taxa de semeadura máxima (ha*1000 dia⁻¹) e o período total de safra na macrorregião SD.

4.3. Ritmo operacional

4.3.1. Macrorregião MN

As estimativas simples e a ponderada do número de dias impróprios para os municípios da macrorregião MN, são apresentadas na Tabela 11. As maiores ocorrências de número de dias impróprios nas safras 2014/15 e 2015/16 ajudam a explicar as taxas de semeadura nestas safras assim como a menor ocorrência de dias impróprios se relacionou com a menor taxa de semeadura, obtidas na safra 2013/14.

Tabela 11. Número de dias impróprios nos municípios da macrorregião MN nas safras.

Safra	*ND _{imp} (dia)				Média	**ND _{imp} (dia)
	Sorriso	Nova Ubiratã	Nova Maringá	Sinop		
2012/13	43,0	49,0	53,0	42,0	46,8	45,5
2013/14	32,0	38,0	38,0	33,0	35,3	34,4
2014/15	66,0	63,0	61,0	64,0	63,5	64,3
2015/16	70,0	72,0	64,0	68,0	68,5	69,5
2016/17	34,0	45,0	49,0	36,0	41,0	39,4
2017/18	46,0	54,0	46,0	45,0	47,8	48,1
Média	48,5	53,5	51,8	48,0	50,5	50,2

Obs.: *Média simples, **média ponderada por município.

O maior valor de ND_{imp}, 69,5 dias, ocorreu em 2015/16, e o menor valor, de 34,4 dias na safra 2013/14, uma diferença de 35,1 dias, representando portanto no caso do T_D, o maior tempo disponível com 21,6 dias para a realização da semeadura em 2013/14, enquanto que na safra de 2015/16 haveriam 7,5 dias para a operação. Embora tenha ocorrido expressiva variação ao longo das safras, notou-se pequena oscilação entre os municípios, com diferença média de 4 dias entre aquele com maiores e menores valores médios de ND_{imp_m}, o que explica a pequena alteração entre a média simples e a ponderada.

Embora com pouca variação na área total semeada entre os anos, o ritmo operacional na macrorregião chegou a atingir 174,2 mil ha dia⁻¹ na safra 2015/16, ao tomar o RO e A_{TS} e realizar o cálculo, em termos percentuais o RO seria de 13,34% ao dia. Este valor, é acima da média dos valores de RO obtido ao longo das safras ou ainda 3,89 vezes superior da maior TS_{máx} observada em 2014/15, de 3,43%. A média da TS_{máx} de 3,03% foi inferior ao RO médio dos anos de 7,39%, Tabela 12.

Tabela 12. Número de dias totais (ND_T), número de dias impróprios (ND_{imp}), tempo disponível (T_D), área total semeada (A_{TS}) e ritmo operacional (RO).

Safra	NT* (dia)	ND _{imp} (dia)	T _D (dia)	A _{TS} (ha*1000)	RO (ha*1000 dia ⁻¹)	RO (% dia ⁻¹)
2012/13	63,0	45,5	17,5	1.133	64,68	5,71
2013/14	56,0	34,4	21,6	1.220	56,50	4,63
2014/15	77,0	64,3	12,7	1.301	102,53	7,88
2015/16	77,0	69,5	7,5	1.305	174,15	13,34
2016/17	56,0	39,4	16,6	1.320	79,63	6,03
2017/18	63,0	48,1	14,9	1.295	87,00	6,72
Média	65,3	50,2	15,1	1.262	94,08	7,39

4.3.2. Macrorregião SD

Estimou-se o ND_{imp} para os municípios localizados na macrorregião SD, conforme a Tabela 13. A menor frequência do número de dias impróprios na safra 2012/13 contribuiu para explicar as taxas de semeadura nesta safra assim como as maiores ocorrências de dias impróprios influenciaram em maiores taxas de semeadura, verificadas nas safras de 2014/15, 2015/16 e 2016/17. Os valores de ND_{imp_m} apresentaram pouca oscilação entre os municípios, mas houve oscilação pronunciada entre as safras.

Tabela 13. Número de dias impróprios nos municípios da macrorregião SD nas safras.

Safra	ND _{imp-m} (dia)							Média	**ND _{imp} (dia)
	Campo Verde	Itiquira	Paranatinga	Rondonópolis	Guiratinga	Alto Taquari	Alto Araguaia		
2012/13	43,0	51,0	58,0	59,0	53,0	60,0	61,0	55,0	51,9
2013/14	47,0	65,0	62,0	64,0	63,0	60,0	66,0	61,0	59,2
2014/15	60,0	72,0	68,0	60,0	63,0	67,0	61,0	64,4	65,2
2015/16	68,0	60,0	63,0	63,0	67,0	63,0	67,0	64,4	64,1
2016/17	57,0	64,0	74,0	63,0	63,0	70,0	69,0	65,7	65,1
2017/18	59,0	61,0	66,0	65,0	63,0	69,0	64,0	63,9	62,9
Média	55,7	62,2	65,2	62,3	62,0	64,8	64,7	62,4	61,4

Obs.: *Média simples, **média ponderada por município

O maior valor de ND_{imp} com 65,2 dias ocorreu em 2014/15, e o menor valor foi de 51,9 dias na safra 2012/13, uma diferença de 13,3 dias. Em relação ao T_D, o maior tempo disponível foi de 12,1 e 11,9 dias em 2012/13 e 2016/17, influenciado pelo número total de dias impróprios e do número total de dias nas safras, conforme Tabela 14. Os menores tempos disponíveis foram de 5,9 e 7,1 dias, referentes as safras de 2015/16 e 2017/18, exigindo um maior RO.

Apesar da pouca variação na área total semeada entre os anos, o ritmo operacional médio na oscilou entre 55,5 e 136,6 mil ha dia⁻¹, variando em menor intensidade quando comparado ao da macrorregião MN. Em termos percentuais o maior RO foi de 16,9% ao dia, valor obtido para a safra 2015/16, sendo quase que o quádruplo da TS_{máx} observada, de 3,42%, correspondendo ao período de maior intensidade de semeadura. A média da TS_{máx} foi de 3,00%, bem inferior ao RO médio dos anos, de 10,88% ao dia.

Tabela 14. Número de dias totais (ND_T), número de dias impróprios (ND_{imp}), tempo disponível (T_D), área total semeada (A_{TS}) e ritmo operacional (RO).

Safra	NT (dia)	ND _{imp} (dia)	TD (dia)	A _{TS} (ha*1000)	RO (ha*1000 dia ⁻¹)	RO (%)
2012/13	64,0	51,9	12,1	674,0	55,50	8,23
2013/14	70,0	59,2	10,8	783,2	72,64	9,27
2014/15	77,0	65,2	11,8	813,3	69,16	8,50
2015/16	70,0	64,1	5,9	808,1	136,55	16,90
2016/17	77,0	65,1	11,9	839,7	70,27	8,37
2017/18	70,0	62,9	7,1	825,8	115,65	14,01
Média	71,3	61,4	9,9	790,7	86,63	10,88

4.4. Precipitação e umidade no solo

4.4.1. Macrorregião MN

As variáveis climáticas (temperaturas e precipitações) e as características do solo são determinantes no cálculo da RO na semeadura da soja. Por meio de histogramas, é possível verificar a oscilação das condições de precipitação ao longo das safras, conforme Figura 17. A maior frequência de dias sem precipitação foi de 59,6% em 2015/16, no qual 90,7% das precipitações tiveram até 10 mm.

A menor frequência de dias sem precipitação foi de 37,7% na safra 2013/14, na qual se verifica também a presença mais frequente de chuvas inferiores a 10 mm que permitiram a semeadura e nesta safra se observou o menor RO.

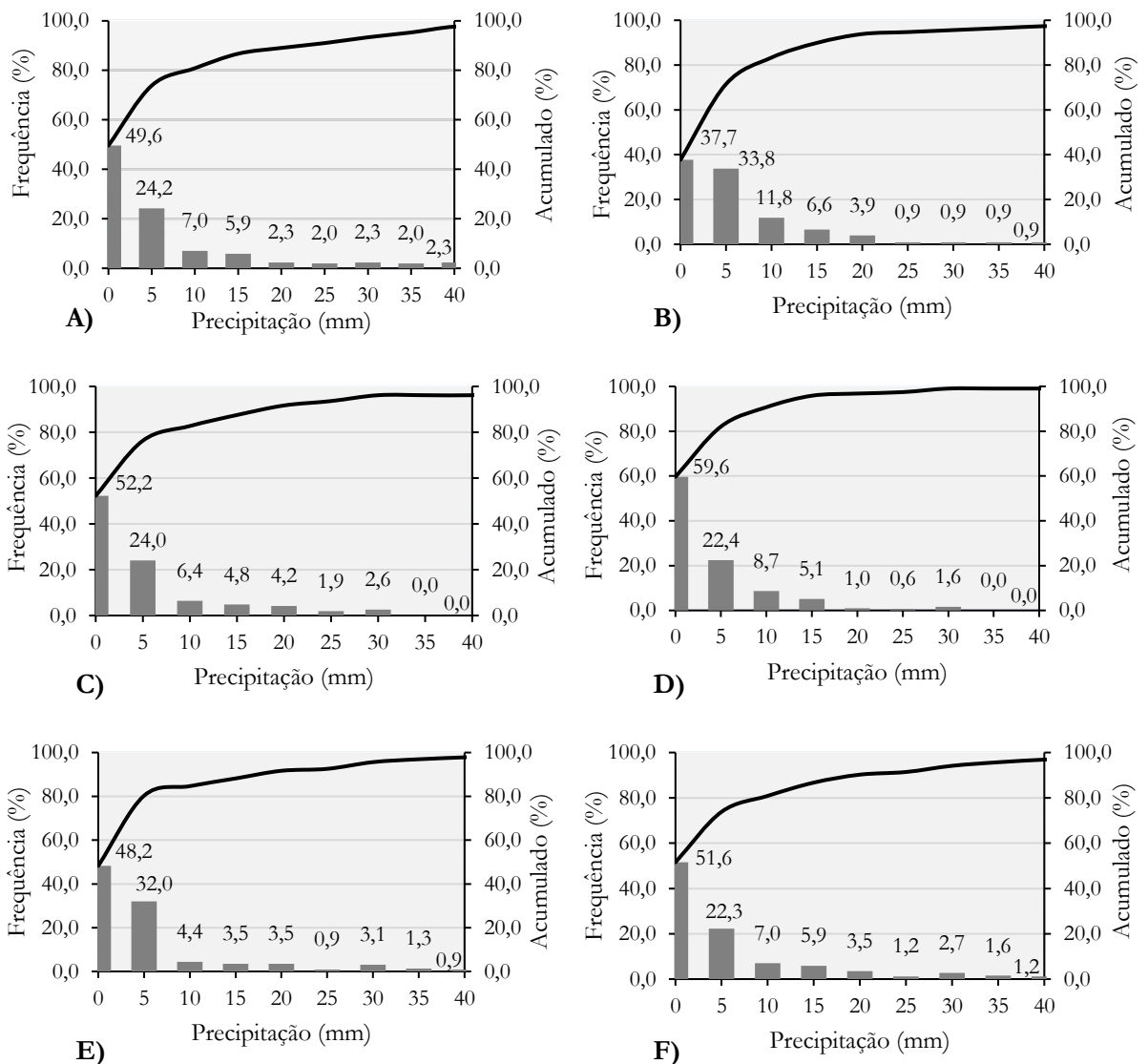


Figura 17. Histograma de precipitação nos municípios na macrorregião MN do Mato Grosso, na safra 2012/2013 (A), 13/14 (B), 14/15 (C), 15/16 (D), 16/17 (E) e 17/18 (F).

Ao analisar cenários de faixas de água no solo, verifica-se sua importância nos cálculos para o ritmo operacional e a relação com a $TS_{máx}$. Houve variação do percentual de dias em diferentes disponibilidades de água no solo ao longo das safras, conforme Figura 18. A faixa de 40 a 90% da CAD apresentou maiores valores em 2012/13, 2013/14 e 2016/17, enquanto em 2014/15 e 2015/16, anos mais secos, houve uma maior participação de intervalos em que a umidade foi, segundo o critério adotado para o cálculo do RO, insuficiente. Ao considerar um critério médio e fixo para estabelecer o número de dias impróprios incorre-se em erros pronunciados em alguns anos. Ao longo das safras consideradas o intervalo de 40-90% da CAD ocorreu desde 22% até 54% dos dias.

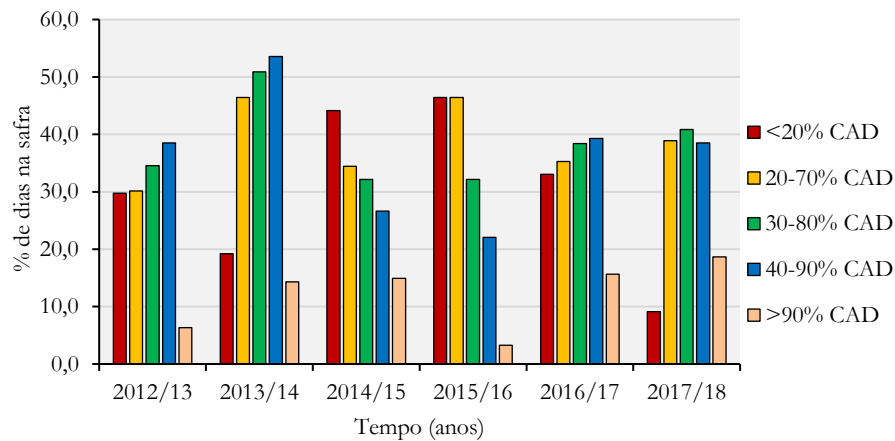


Figura 18. Percentual de dias em diferentes faixas de água no solo no período de semeadura ao longo dos anos na macrorregião MN.

Uma análise da ocorrência média das faixas de umidade no solo é apresentada na Figura 19, demonstrando que ao considerar estas séries históricas há pouca oscilação quando se empregam faixas amplas de umidade, tornando o resultado do cálculo pouco sensível a estas oscilações, dadas as oscilações recorrentes entre as safras. Nota-se, entretanto, que ao longo de todo o ND_T cerca de 60% dos dias se encontra fora dos limites estabelecidos para o cálculo do RO.

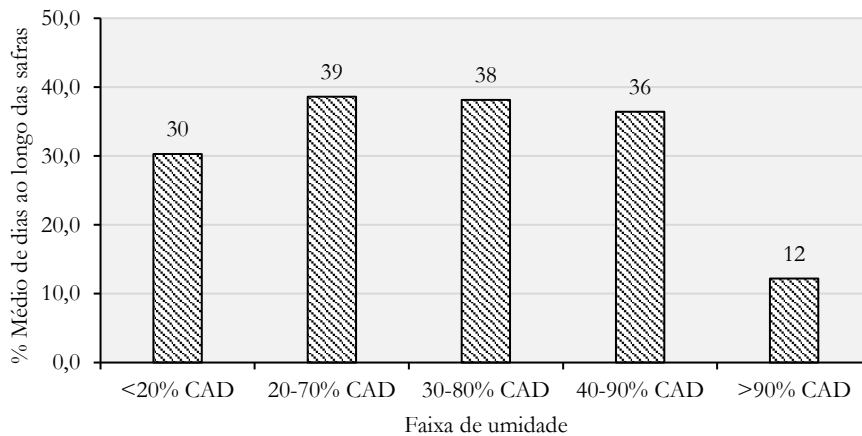


Figura 19. Percentual médio de dias no período de semeadura ao longo das safras em relação a faixa de água no solo na macrorregião MN.

4.4.2. Macrorregião SD

Analisando os histogramas das classes de precipitação, Figura 20, foi possível verificar a oscilação das condições de precipitação na macrorregião SD ao longo das safras. A maior frequência de dias sem precipitação foi de 45,5% em 2012/13 e 2015/16, chegando a 90,8% para precipitações diárias de até 10 mm em 2015/16.

A menor frequência de dias sem precipitação foi de 40,2% na safra 2017/18. Em 2016/17, verifica-se a presença mais frequente de chuvas que permitiu a semeadura, sendo que nesta safra resultou em dos menores RO, com valor de 8,37% ou 70,27 mil ha dia⁻¹.

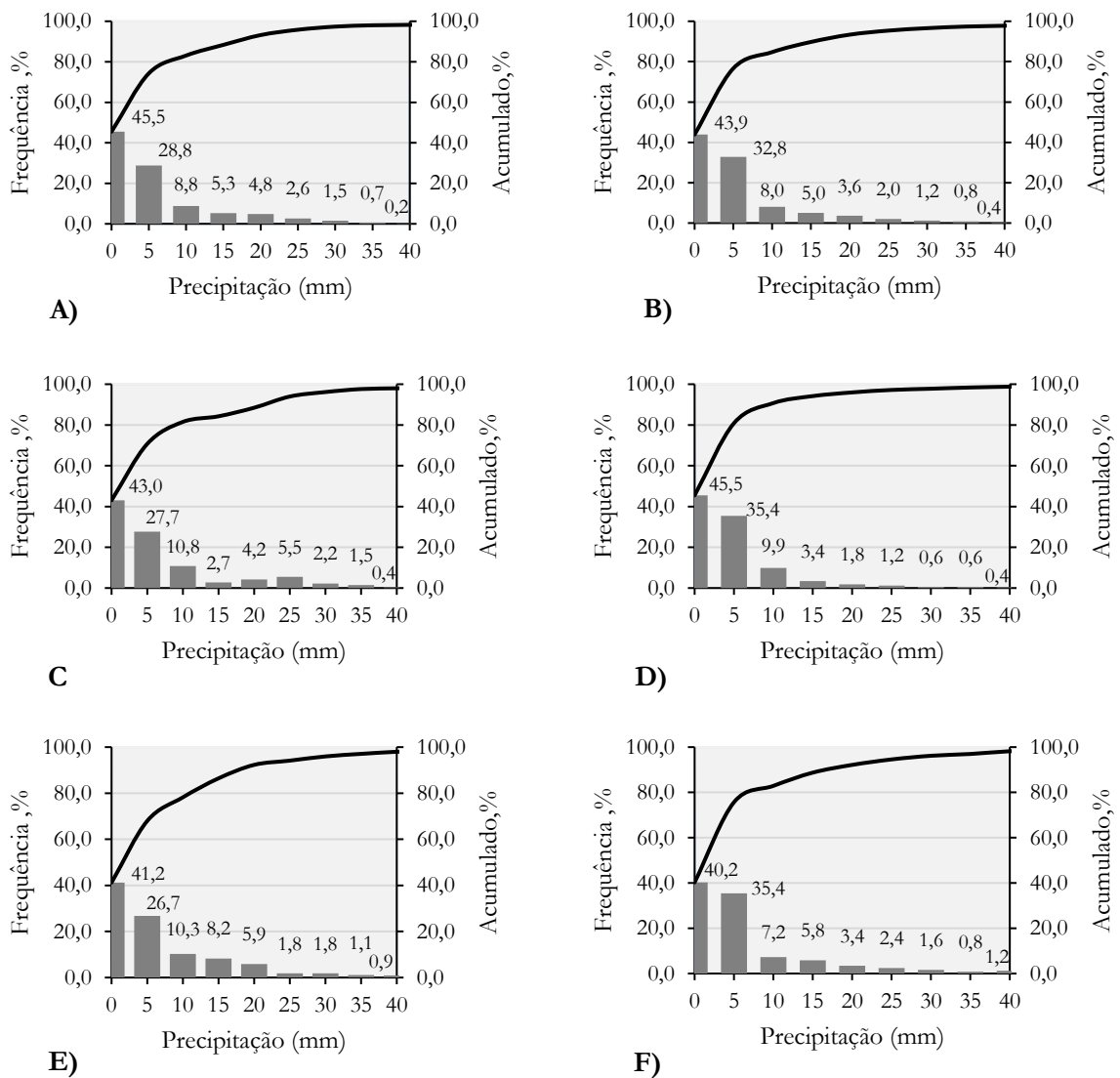


Figura 20. Histograma de precipitação nos municípios na macrorregião SD do Mato Grosso, na safra 2012/2013 (A), 13/14 (B), 14/15 (C), 15/16 (D), 16/17 (E) e 17/18 (F).

Considerando a faixa de água no solo, é possível verificar seu efeito sobre os valores estimados para o RO, e sua influência na $TS_{máx}$. Houve variação do percentual de dias em diferentes disponibilidades de água no solo aos longos dos anos, conforme a Figura 21. Na faixa < 20% da CAD maiores frequências foram observadas em todos os anos, sendo a maior ocorrência foi em 2015/16, com 60% dos dias nesta condição. Enquanto em 2016/17, ano mais úmido, houve uma maior distribuição da participação de intervalos 20-70, 30-80 e 40-90% da CAD, que entretanto ocorreu próximo de 30% dos dias. Houve menor dispersão na faixa de 40-90% da CAD, mas em média menor que aquele encontrado na macrorregião MN.

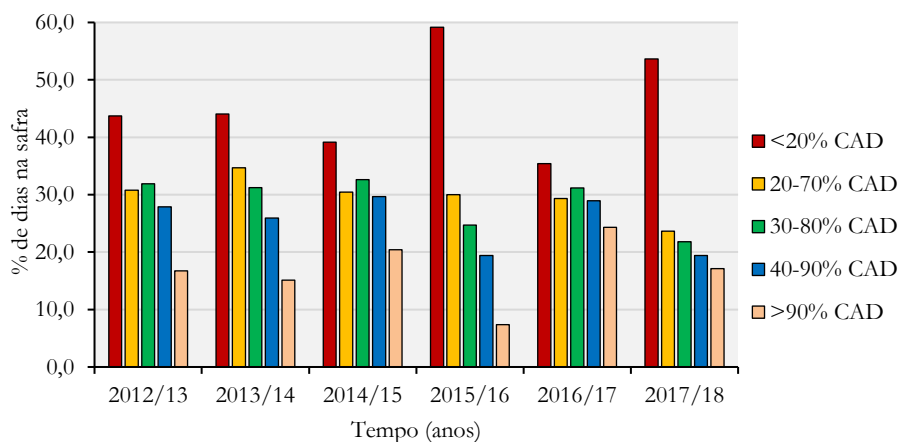


Figura 21. Percentual de dias em diferentes faixas de água no solo no período de semeadura ao longo dos anos na macrorregião SD.

Na macrorregião SD, analisando-se ocorrência histórica das faixas de umidade no solo verifica-se que houve anos com menores umidades, portanto dependendo da faixa considerada nos cálculos de RO podem ser obtidos resultados distintos, conforme Figura 22.

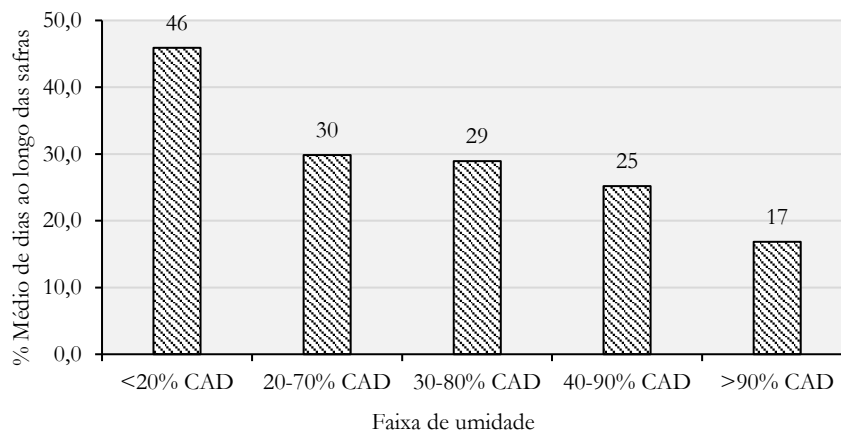


Figura 22. Percentual médio de dias no período de semeadura ao longo das safras em relação a faixa de água no solo na macrorregião SD.

4.5. Análise de sensibilidade

4.5.1. Macrorregião MN

4.5.1.1. Efeito da precipitação máxima no dia anterior

Nas Figuras 23 e 24 são apresentados respectivamente os valores médios do RO em termos absolutos e em termos relativos, obtidos ao se variar a quantidade de precipitação admitida no dia anterior à semeadura. Os valores não devem ser tomados como referência pois apresentam extremos, dado que todas as combinações possíveis dos outros fatores foram consideradas para gerar médias. A informação contida nos gráficos demonstra haver pouca variação no intervalo de precipitação considerado no cálculo do RO, se 0,1 a 5 ou se 0,1 a 10 mm, sendo, entretanto, necessário considerar a ocorrência de precipitação. Ao condicionar a semeadura à não ocorrência de precipitação no dia anterior ocorre elevação superior a 100% no RO calculado.

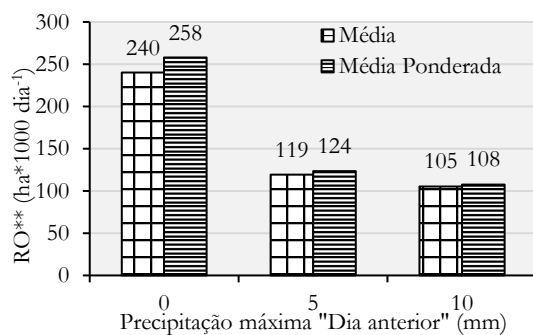


Figura 23. Ritmo operacional com efeito da precipitação máxima no dia anterior na macrorregião MN.

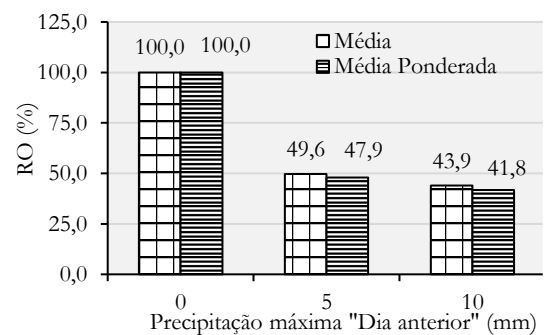


Figura 24. Variação do ritmo operacional na precipitação máxima no dia anterior na macrorregião MN.

4.5.1.2. Efeito da precipitação máxima no dia

Nas Figuras 25 e 26 são apresentados respectivamente os valores médios do RO em termos absolutos e em termos relativos, obtidos ao se variar a quantidade de precipitação admitida no dia da semeadura. Os valores absolutos não devem ser tomados como referência em virtude de incorporarem extremos, dado que todas as combinações possíveis dos outros fatores foram realizadas para obter a média. Ficou evidente entretanto que a ocorrência de chuva no dia da semeadura é importante para o cálculo de RO e que ao admitir uma

precipitação entre 0,1 e 10 mm ocorre redução do RO, mas que esta redução é menos expressiva do que aquela que ocorre quando se admite precipitações de até 5 mm em relação à condição de ausência de precipitação.

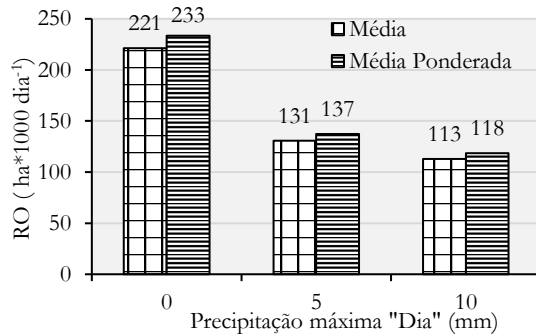


Figura 25. Ritmo operacional com efeito da precipitação máxima no dia na macrorregião MN.

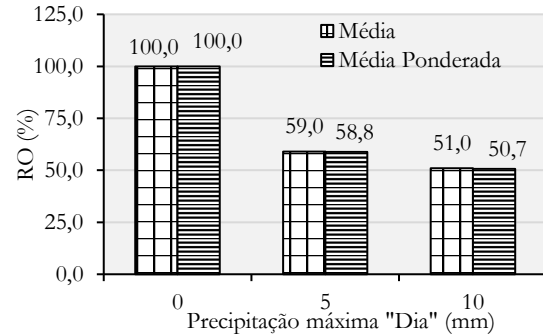


Figura 26. Variação do ritmo operacional por precipitação máxima no dia na macrorregião MN.

4.5.1.3. Efeito da faixa de água no solo

Nas Figuras 27 e 28 são apresentados respectivamente os valores médios do RO em termos absolutos e em termos relativos, obtidos ao se variar a faixa de umidade exigida para a realização da semeadura. Também neste caso não se devem considerar os valores absolutos, pois incluem médias geradas para condições extremas dos outros fatores combinados. Notou-se, entretanto, que a condição em que se obtém maiores valores de RO é aquela utilizada de forma mais recorrente, ou seja, o intervalo de umidade entre 40 e 90% da CAD. Ao se admitir faixas com mesma amplitude, porém com umidades mais baixas notou-se expressiva redução no RO.

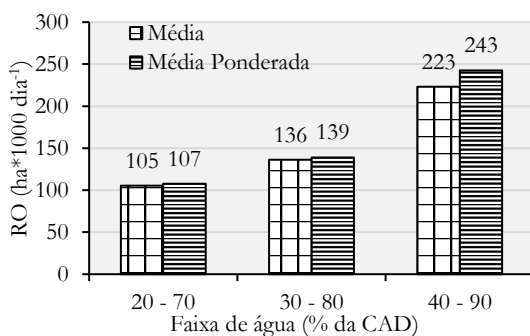


Figura 27. Ritmo operacional com efeito por faixa de água no solo na macrorregião MN.

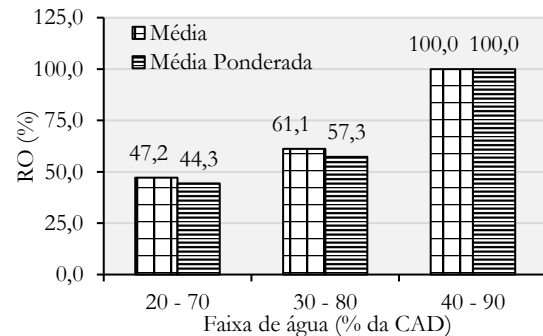


Figura 28. Variação do ritmo operacional por faixa de água no solo na macrorregião MN.

Este parâmetro parece ser aquele que melhor explica o descolamento entre a taxa de semeadura e o RO. Em termos práticos os agricultores podem estar realizando a semeadura em umidades mais baixas que aquela usualmente utilizada no cálculo do RO. Este comportamento ressalta a importância do uso de estratégias de manejo do solo que visam preservar a umidade, como é o caso dos sistemas conservacionistas com manutenção de resíduo sobre o solo, o que reduz as perdas de água por evaporação.

Conforme apresentado pela Figura 29, o menor valor de RO foi de 59 mil ha dia⁻¹, apresentado na precipitação máxima permitida de 10 mm no dia e no dia anterior e na faixa de água no solo de 20 a 70% da CAD, cenário com valores mais próximos do valor médio de $TS_{máx}$ observado, de 38,22 mil ha dia⁻¹ ao longo do período.

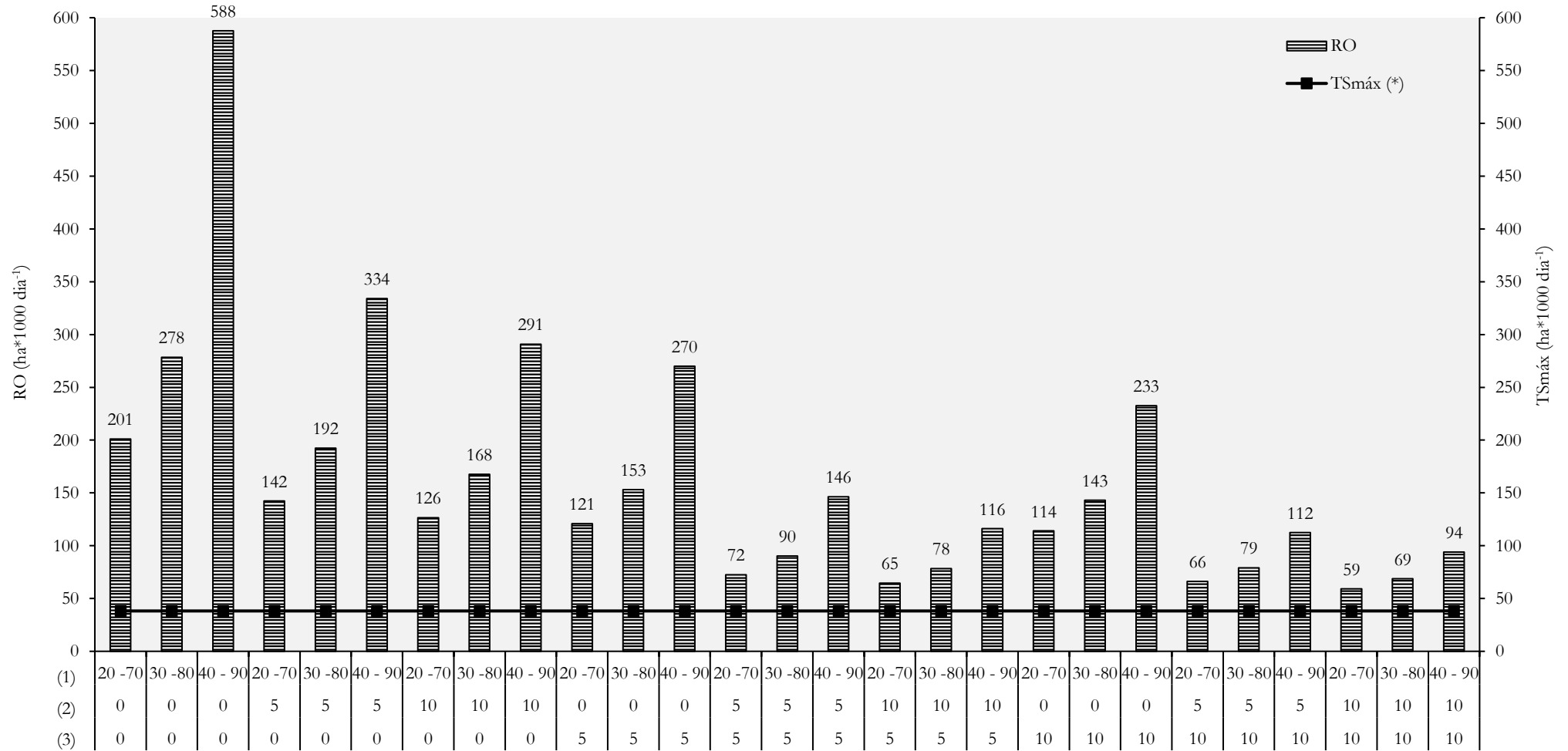


Figura 29. Ritmo operacional (RO) na macrorregião MN nos parâmetros de faixa de água no solo, precipitação máxima do dia anterior e atual. Obs.: (1) Faixa de água (% da CAD), (2) precipitação máxima do dia anterior (mm) e (3) precipitação máxima no dia (mm). Obs.: (*) média dos valores de TS_{máx} ao longo de 2012/13 a 2017/18.

4.5.2. Macrorregião SD

4.5.2.1. Efeito da precipitação máxima no dia anterior

Conforme apresentado nas Figuras 30 e 31, fica evidente que a exigência da ausência de precipitação no dia anterior causa elevação pronunciada no RO calculado, ocorrendo pouca variação ao considerar intervalos de precipitação até 5 ou até 10 mm no dia anterior.

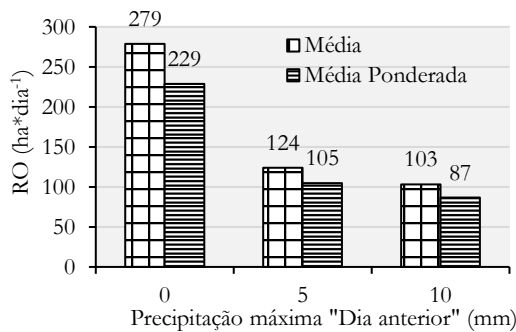


Figura 30. Ritmo operacional com efeito da precipitação máxima no dia anterior na macrorregião SD.

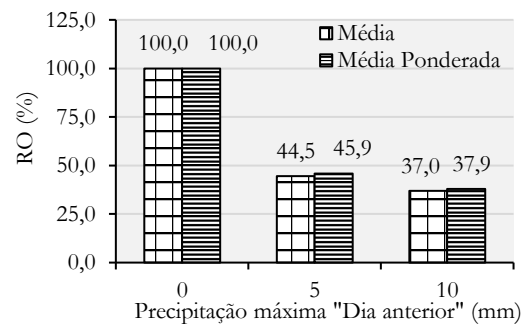


Figura 31. Variação do ritmo operacional na precipitação máxima no dia anterior na macrorregião SD.

4.5.2.2. Efeito da precipitação máxima do dia

Considerando os efeitos da precipitação máxima no dia sobre o RO ocorre pronunciada redução do RO ao se admitir a ocorrência de precipitações, conforme é apresentado pelas Figuras 32 e 33. Ocorreu, entretanto, pouca variação ao se alterar a precipitação máxima de até 5 para até 10 mm, comportamento também observado na macrorregião MN.

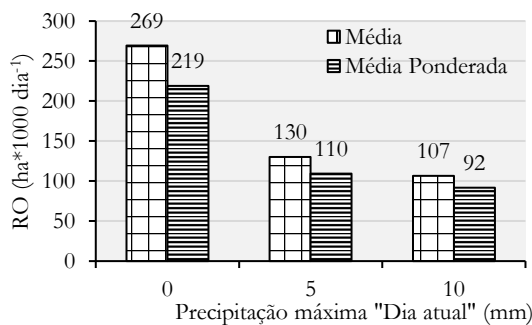


Figura 32. Ritmo operacional com efeito da precipitação máxima no dia na macrorregião SD.

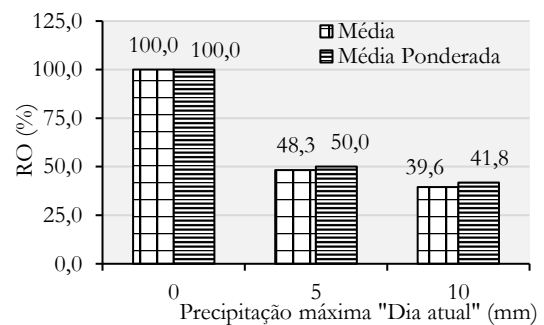


Figura 33. Variação do ritmo operacional na precipitação máxima no dia na macrorregião SD.

4.5.2.3. Efeito da faixa de água no solo

Conforme as Figuras 34 e 35, verifica-se que a condição que exige maior RO é na faixa de água no solo de 40 a 90% da CAD. As faixas com mesma amplitude, contudo em umidades mais baixas, levam à redução do RO calculado. Verifica-se que as macrorregiões apresentam o mesmo comportamento da influência nos valores do RO e em relação as faixas de água no solo.

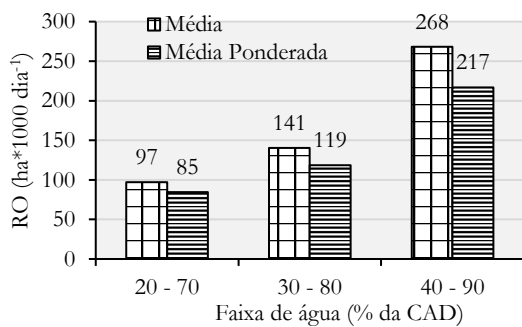


Figura 34. Ritmo operacional com efeito por faixa de água no solo na macrorregião SD.

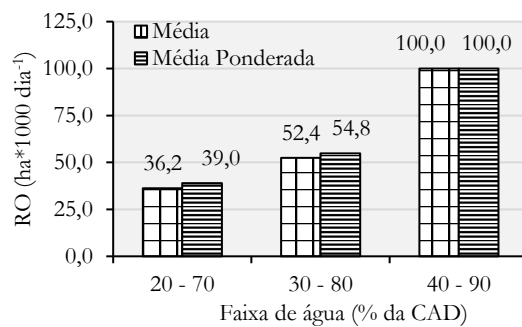


Figura 35. Variação do ritmo operacional com efeito por faixa de água no solo na macrorregião SD.

De acordo com a Figura 36, no cenário com a precipitação máxima permitida de 10 mm no dia e no dia anterior e faixa de água no solo de 20 a 70% da CAD, ocorreram os menores valores do RO, com 44,1 mil ha dia⁻¹ sendo este o cenário que mais se aproximou do valor observado, com a média de $TS_{máx}$ de 23,92 mil ha dia⁻¹ ao longo das 6 safras.

A macrorregião SD, com municípios (Dom Aquino, Itiquira, Jaciara, Juscimeira, Nova Brasilândia, Pedra Preta, Pontal do Araguaia e Rondonópolis) sobre a Bacia do Alto Paraguai (BAP), apresenta em sua maioria solos com CAD 75 mm, havendo porções com presença de CAD 30 mm (BARBIERI et al., 2017). Observa-se por meio dos resultados que os valores de RO nos cenários foram menores na macrorregião SD ao longo das safras estudadas, o que pode estar atrelado ao predomínio de solo do tipo latossolo com textura argilosa na macrorregião MN, os quais requerem mais tempo para atingir 40% da CAD no início da safra ou reduzir abaixo de 90% após precipitações.

Além disso, verifica-se menores valores de precipitações médias anuais na macrorregião SD, conforme apresentada pela Tabela 20 no Apêndice B, sendo que para a macrorregião MN durante o ano há forte influência climática do Bioma Amazônia, com maiores volumes pluviométricos no extremo noroeste e norte e menores índices de precipitação ao sul do bioma (MARCUIZZO; ROCHA; MELO, 2010).

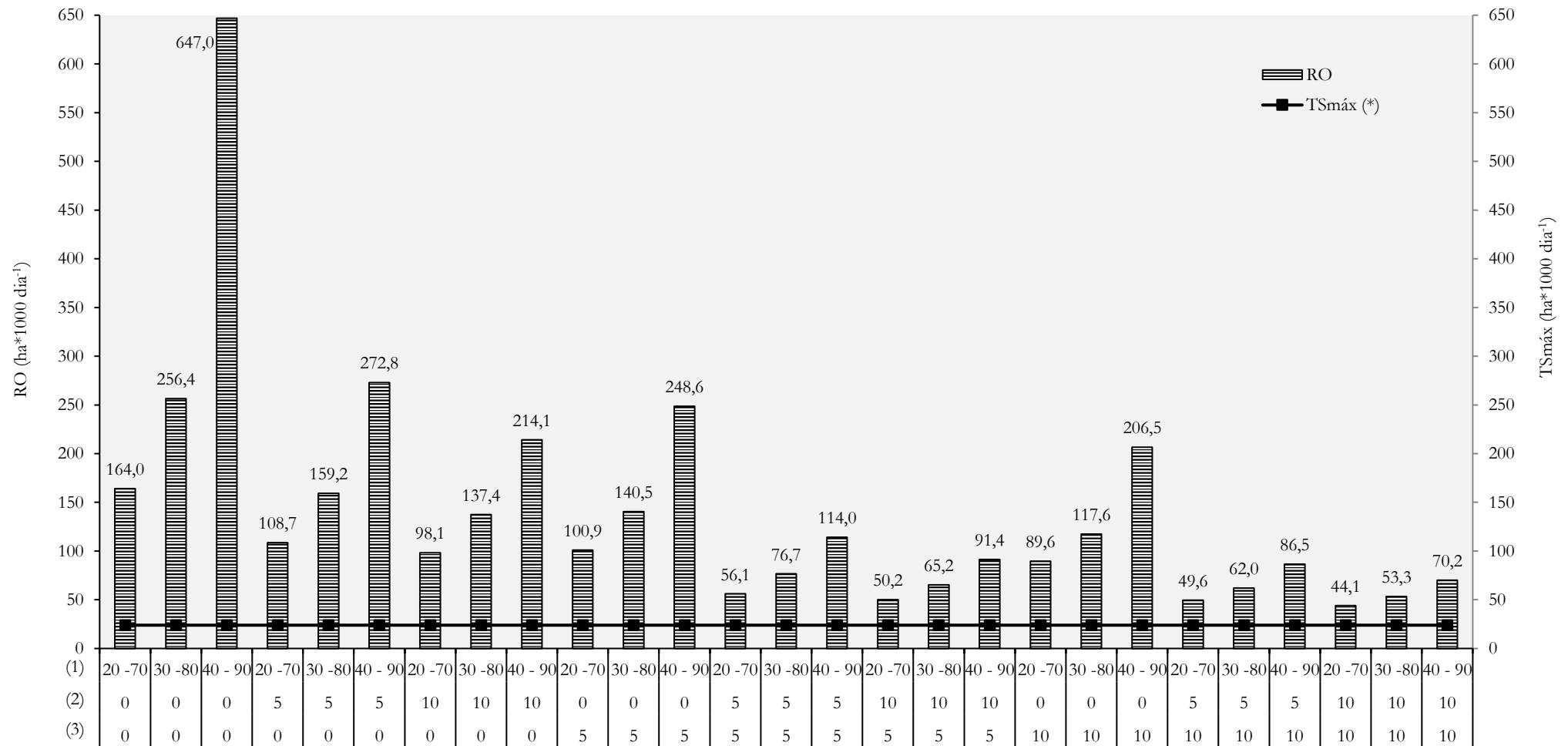


Figura 36. Ritmo operacional (RO) na macrorregião SD nos parâmetros de faixa de água no solo, precipitação máxima do dia anterior e atual. Obs.: (1) Faixa de água (% da CAD), (2) precipitação máxima do dia anterior (mm) e (3) precipitação máxima no dia (mm). Obs.: (*) média dos valores de TSmáx ao longo de 2012/13 a 2017/18.

5. DISCUSSÃO

As duas macrorregiões consideradas no estudo apresentam características de solo e clima distintas, o que leva a alterações no ritmo de realização da semeadura. Em ambas houve acréscimo de área de modo mais pronunciado no início do período considerado, ocorrendo na sequência uma estabilização, indicando que, provavelmente, os municípios considerados não possuem mais áreas expressivas para expansão e que nesse caso a prática da semeadura do milho em segunda safra é prática comum, conforme CONAB (2019) e IMEA. Isto pode impactar a semeadura da soja, apesar do período recomendado para a cultura ser amplo, desde o meio de setembro até início de dezembro (BRACCINI et al., 2004, 2003; MOTTA et al., 2002b, 2002a; NAKAGAWA, ROSOLEM, MACHADO, 1983), grande parte da implantação ocorre até a primeira quinzena de novembro em ambas regiões.

Na macrorregião SD, com menor regime de precipitação e solos com menor presença de argila, as restrições em termos de tempo para a realização da operação de semeadura parecem estar relacionadas à ocorrência de menores umidades no solo, levando a uma progressão menor no início da safra que depois atinge intensidade semelhante àquela encontrada para a macrorregião MN. A ocorrência de maiores precipitações e presença de solos mais argilosos torna a semeadura, na macrorregião MN mais desafiadora, sendo possível notar ao longo das safras oscilação pronunciada das taxas de semeadura. Segundo Marcuzzo, Rocha e Melo (2010), os maiores índices pluviométricos concentram-se na primavera-verão, outubro a março, correspondendo por 87,5% do volume gerado numa série histórica de 1977 a 2006. Em outro estudo, Marcuzzo, Melo e Rocha (2011), demonstraram que a média pluviométrica se distribui de forma desigual no estado de Mato Grosso, tendo maiores médias pluviais no bioma Amazônico, na macrorregião noroeste e norte, e os menores índices no bioma Pantanal, no sudoeste e sul. O que pode explicar a variação dos valores da taxa máxima de semeadura e sua média, comparado com os valores do RO ao longo do período estudado, obtido pelos cenários na análise de sensibilidade.

Por meio da avaliação dos parâmetros básicos levantados no estudo notou-se que, de modo geral, ocorrem discrepâncias entre os valores do planejamento quanto à necessidade de máquinas, ou seja, na estimativa do RO e aqueles observados. As intensidades planejadas dos RO foram sempre muito superiores àsquelas observadas. Dentre os parâmetros considerados no cálculo do RO aquele que restringe o T_D em função da umidade do solo foi o mais relevante.

A adoção de uma faixa única desse parâmetro levou a diferenças expressivas nos valores de RO ao longo das safras. A avaliação do histórico das safras consideradas demonstrou que em menos da metade do período total de semeadura havia condição de umidade adequada. A progressão de semeadura observada indica que parece haver relação entre a faixa de umidade no solo e a intensidade de semeadura no início da safra, com valores mais baixos no início do período chuvoso em setembro. Ao longo do período de implantação, entretanto, independente da umidade no solo a progressão se dá de modo intenso.

A relação entre a taxa de semeadura média e máxima, que ocorre ao longo das quatro semanas com maior progressão de área semeada é da ordem de 100%, ou seja, nota-se que a primeira é metade da segunda. Mesmo com a ocorrência de condições variáveis em termos de precipitação e umidade no solo, a capacidade instalada é suficiente para semear cerca de 3% da área total em um dia para ambas macrorregiões.

Tais resultados demonstram a necessidade de aprofundar o entendimento acerca dos fatores que efetivamente definem o tempo disponível para a realização das operações. Ao utilizar as variáveis usualmente empregadas para o caso da semeadura estaria se planejando um sistema mecanizado superior ao necessário. Por outro lado, se a operação vem sendo realizada em condições muito distintas daquelas consideradas adequadas, perdas pela qualidade inadequada podem estar ocorrendo.

Para Kappes (2013), as principais regiões produtoras no Mato Grosso iniciam a semeadura da soja após o término do período de vazio sanitário, em 15 de setembro, época em que muitas vezes o solo está com baixa capacidade de água disponível. Isso explica que nas últimas 12 safras, houve uma estagnação da produtividade média de soja, em torno dos 3.000 kg ha⁻¹, e aumentos lineares nas produtividades nas lavouras de milho safrinha.

A antecipação da semeadura da soja, após o período de vazio sanitário, com início imediato em diversas propriedades no Mato Grosso, faz com que não sejam respeitadas as necessidades para o tráfego de máquinas e para a germinação adequada da semente. Para (VAZ BISNETA et al., 2012; PEREIRA et al., 1979), a melhor época de semeadura de soja na macrorregião Centro-Oeste do Brasil ocorre entre novembro e início de dezembro.

Do ponto de vista de dimensionamento de conjuntos trator+semeadora, ao reduzir o período de dias para a semeadura, há aumento do RO, ocasionando maior necessidade conjuntos ou aumento da capacidade operacional das máquinas afim de completar a operação, conforme observado por Matos, Salvi, Milan (2006). A diminuição do RO pode ser por meio da

elevação da velocidade de semeadura, possibilitando o aumento da capacidade de campo da máquina, porém, acarretando em perdas na qualidade na distribuição de sementes e na quantidade de espaçamento aceitáveis entre linhas (MAHL et al, 2004; CORTEZ et al., 2006; (FURLANI et al., 2007).

Outro ponto que influencia na operação mecanizada são os custos diretos e indiretos, impactando na taxa de semeadura e no ritmo operacional, uma vez que quanto maior a demanda de trabalho, maior a capacidade operacional do equipamento ou o número de conjuntos necessários. Segundo Tieppo et al. (2019), por meio da simulação de cenários, verifica-se que o aumento do tamanho da área cultivada requer a elevação do tempo disponível das máquinas e/ou número de conjuntos na semeadura da soja no município de Sorriso, Mato Grosso.

6. CONCLUSÃO

O trabalho permite concluir que:

A progressão da semeadura apresenta intensidades distintas ao longo do período de implantação, ocorrendo maior intensidade em época intermediária e grande parte da área é semeada em curto período.

O tempo disponível calculado e usualmente utilizado para fins de planejamento difere de modo acentuado dos valores observados. Dentre os parâmetros utilizados no cálculo da disponibilidade de tempo aquele relacionado à umidade do solo foi o que apresentou efeito preponderante para a discrepância.

Para realizar a semeadura na intensidade observada foram desrespeitadas as condições de umidade do solo consideradas adequadas para a operação.

REFERÊNCIAS

AFFÉRI, A.Z. **Estimativa das condições de tráfego em solo agrícola**. Piracicaba, 1992. 118p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

AGENDES, M. O. O.; MOTA, F. S. **Dias climaticamente aptos para trabalhos com máquinas agrícolas em planossolo bem drenado artificialmente, em Pelotas**. Pelotas, 1986, 14p. Boletim de pesquisa no. 1.

ALBERTO, C.; FRANZ, B.; FOLLE, M. Avaliação de três mecanismos de distribuição de sementes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 9, n. 3, p. 331–337. 1998.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P.; BARBOSA, M. C. Qualidade das sementes de soja produzidas sob manejo com biorregulador. **Revista brasileira de sementes**. v. 32, n. 4, p. 39-48. 2010.

APROSOJA. **Informe técnico aprosoja nº 96/2015**. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/download/informe-tecnico/2015-10-01-12-05-5696-informe-tecnico-vazio-sanitario.pdf>>. Acesso em 02 jul. 2018.

ASSIS, S. V. **Modelo para estimar o número de dias trabalháveis com tratores agrícolas, em função de parâmetros do solo e do clima**. Viçosa, 1988, 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

ASSIS, S. V.; SEDIYAMA, G. C.; VIANELLO, R. L.; MARTYN, P. J. Probabilidade de ocorrência de dias trabalháveis com tratores agrícolas em Uberaba, Minas Gerais. **Revista Ceres**. v. 36, p. 299-316, 1989.

ATAÍDE, L. T.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; SILVA, D. A. B.; SOUZA, J. R. P. The probability of potentially useful work days during the year in Londrina. **Semina**. v. 33, n. 6, p. 2215-2226. 2012.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1987.

BAIO, F. H. R.; ANTUNIASSI, U. R.; BALASTREIRE, L. A.; FILHO, J. V. C. Modelo de programação linear para seleção de pulverizadores agrícolas de barras. **Engenharia Agrícola**. v. 24, n. 2, p. 355-363. 2004.

BARBIERI, J. D.; DALLACORT, R.; OLIVEIRA, T.; TIEPPO, R. C.; ARAÚJO, D. V. Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo para a microrregião da BAP (MT). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 8, n. 1, p. 21-28. 2017.

BARROS, H. B.; SEDIYAMA, T. Luz, umidade e temperatura. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, p.17-28, 2009.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**. v. 69, n. 2, p. 339-347. 2010.

Bezerra, A. R. G. Tecnologia e Produção: Soja 2017/2018: **Fundação MS**. 2017. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/300/300/5bf01cba97d7092756cb71f26732368319c7de000c037_02-poca-de-semeadura-de-cultivares-de-soja-no-mato-grosso-do-sul-somente-leitura.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2019.

BIER, A. A.; FERRAZ, S. E. T. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em dados meteorológicos para estações no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 32, n. 2, p. 215-226. 2017.

BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; ÁVILA, M. R.; SCHUAB, S. R. P. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 25, n. 1, p. 76-86. 2003.

BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; ÁVILA, M. R.; MESCHEDE, D. K. Características agrônômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**. v. 63, n. 1, p. 81-92. 2004.

BOLTON, B. **Days suitable for fieldwork, Mississippi River Delta cotton area. Louisiana, Louisiana State University**. Research Report n. 348. Agricultural Experiment Station D.A.E. 1968.

BURROWS, W. C.; SIEMENS, J. C. Determination of optimum machinery for corn-soybean farms. **Transactions of the ASAE**. 1974.

CÂMARA, G. M. S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO-NETO, D., BERNARDES, M. S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation. **Scientia Agricola**. v. 54, p. 149-154, 1997.

CASTRO NETO, P. **Desenvolvimento e avaliação de equipamentos e metodologia para determinação de parâmetros físicos do solo relacionados a dias trabalháveis com máquinas agrícolas**. Botucatu, 2001. 155p. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas.

CHANCELLOR, W. J.; CERVINKA, V. Timeliness coefficients for rice and factors affecting their value. **Transactions of the ASAE**. v. 17, n. 5, p.841-844. 1974.

CHIPANSHI, A.; FITZMAURICE, J.; DE JONG, R.; BOGDAN, D.; LEWIS, M.; KROETSCH, D.; LEE, D. Assessment of soil trafficability across the agricultural region of the Canadian Prairies with the gridded climate data set. **Soil and Tillage Research**. v. 184, p. 128-141. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 30 jul. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras soja**. Brasília. 2018a. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 02 jul. 2018.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. **Engenharia Agrícola**. v. 26, n. 2, p. 502-510. 2006.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 13, p. 855-864, 2009.

Damasceno, A. F. **Sistema dosador de sementes e velocidade de operação na semeadura direta de soja**. Jaboticabal, 2017, 42p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista.

DA SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.; DE OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E. Desempenho de semeadoras-adubadoras no estabelecimento da cultura do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 33, n. 1, p. 63-70. 1998.

DEFENSE MAPPING SCHOOL. **Soil trafficability**. (Student pamphlet, DMS no. ST222). Fort Belvoir, Virginia, 62p. 1986.

DE QUEIROZ, R. F.; DA MOTA, W. A.; MACEDO, D. X. S.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A. Cargas no depósito de fertilizante de uma semeadora-adubadora e desempenho operacional. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 48, n. 2, p. 271-277. 2017.

DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**. v. 39, n. 6, p. 1721-1728. 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). 306p. 1994.

EARL, E. Prediction of trafficability and workability from soil moisture deficit. **Soil & Tillage Research**. v. 40, p. 155-68, 1997.

ELLIOTT, R. L.; LEMBKE, W. D.; HUNT, D.R. A simulation model for predicting available days for soil tillage. **Transactions of the ASAE**. v. 20, n. 8, p. 4-8, 1977.

ERTHAL, L. C.; SENTELHAS, P. C. Probabilidade da sequência de dias secos em Campinas (SP) como subsídio ao planejamento do uso de máquinas agrícolas. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9. **Anais: adversidades climáticas e a produção agrícola**. Campina Grande: SBA, p. 409-411. 1995.

ESTRADA, J. S.; SCHLOSSER, J. F.; FARIAS, M. S.; SANTOS, G. O.; RÜDELL, I. Y. P. Metodologia para estimar o número de dias trabalháveis com máquinas agrícolas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 4, p. 410-414. 2015.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. (2007). Ecofisiologia da Soja. **Circular Técnico**. p. 1-8.

FERNANDES, H. C. **Máquinas de exploração florestal: compactação das trilhas e dias potencialmente úteis para o trabalho**. Botucatu, 1996. 145p. Tese (Doutorado em Agronomia, área de concentração em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

FIESP. **Balança Comercial Brasileira do Agronegócio – Consolidado 2018**. Disponível em: <<http://https://sitedespsstorage.blob.core.windows.net/uploads/2019/02/file-20190218130519-bca2018.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

FIETZ, Carlos R.; RANGEL, Marco A. S. ÉPOCA DE SEMEADURA DA SOJA PARA A REGIÃO DE DOURADOS - MS, COM BASE NA DEFICIÊNCIA HÍDRICA E NO FOTOPERÍODO. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 666-672. 2008.

FRISBY, J. C. Estimating good working days available for tillage in Central Missouri. **Transactions of the ASAE**. Madison, v. 13, p. 641-643. 1970.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388-395. 2004.

FURLANI, C. E. A.; PAVAN JÚNIOR, Á.; LOPES, A., SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; CORTEZ, J. W. Desempenho operacional de semeadura-adubadora em diferentes manejos da cobertura e da velocidade. **Engenharia Agrícola**. v. 27, n. 2, p. 456-462. 2007.

GARCIA, B. I. L.; SENTELHAS, P. C.; TAPIA, L.; SPAROVEK, G. Filling in missing rainfall data in the Andes region of Venezuela, based on a cluster analysis approach. **Revista Brasileira Agrometeorologia**. v. 14, n. 2, p. 225-233. 2006.

GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, É. M.; AMIM, R. T.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 3, p. 417-422. 2011.

GARCIA, R. A.; CECCON, G.; SUTIER, G. A. S.; SANTOS, A. L. F. Soybean-corn succession according to seeding date. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 53, n. 1, p. 22-29. 2018.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 01, n. 02, p. 96-99, 1985.

HASSAN, A. E.; BROUGHTON, R. S. Soil moisture criteria for tractability. **Canadian Agric. Eng.** v. 17, n. 2, p. 124-129, 1975.

HUNT, D. **Farm Power and Machinery Management**. Ames: The Iowa State University Press. 1977

IBGE. **Área semeada de soja nos municípios**. 2018. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/188> >. Acesso em: 02 jul. 2018.

IMEA. **Mapa das macromacrorregiões do IMEA**. 2017. Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/justificativamapa.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

IMEA. **Soja - Semeadura**. 2018 Disponível em: <<http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalle?c=4&s=7>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

INPUT. **Processo de expansão de área agrícola sobre área de pastagem em Mato Grosso. Cuiabá**. 2017. Disponível em: <<http://www.inputbrasil.org/wp-content/uploads/2017/11/relatorio-imea-input.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

IVANČAN, S.; SITO, S.; FABIJANIĆ, G. Effect of precision drill operating speed on the intra-row seed distribution for parsley. **Biosystems Engineering**. v. 89, n. 3, p. 373-376. 2004.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J., GARCIA, L. C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**. v. 31, n. 1, p. 102-110. 2011.

KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. In EMBRAPA/UFMG (Ed.), XII Seminário Nacional Milho Safrinha. p. 1-21. 2013.

KAVKA, M.; MIMRA, M.; KUMHÁLA, F. Sensitivity analysis of key operating parameters of combine harvesters. **Research in Agricultural Engineering**. v. 62, n. 3, p. 113-121. 2016.

LAURIANO, S. M.; DE SOUSA, S. F. G.; DIAS, P. P.; CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A. Seeder performance under different pressures of vacuum and fuel consumption to soybean seeds. **Bioscience Journal**. v. 33, n. 5, p. 1119-1125. 2017.

Lima, J. S. S.; Silva, S. A.; Bernardes, P. M.; Fonseca, A. S.; Pereira, J. M. S. Variabilidade espacial dos percentis 75 da precipitação pluvial mensal no estado do Espírito Santo. **Engenharia na Agricultura**. v. 24, n. 5, p. 393-405. 2016.

MAHL, D.; GAMERO, C.A.; BENEZ, S.H.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, A.R.B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 150-157. 2004.

MAPA. **Ato portaria nº 13, de 20 de jul. de 2017**. Zoneamento agrícola de risco climático, Brasília, DF. 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; ROCHA, H. M.; & MELO, D. C. R. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma da Amazônia do Estado do Mato Grosso. X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. p. 1-19. 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no estado do Mato Grosso. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 16, n. 4, p. 157-167. 2011.

MATOS, M. A.; SALVI, J. V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida na cultura da soja. **Engenharia Agrícola**. v. 26, n. 2, p. 493-501. 2006.

MEDINA, P.F.; RAZERA, L. F.; MARCOS FILHO, J.; BORTOLETTO, N. Produção de sementes de cultivares precoces de soja em duas épocas e dois locais paulistas. **Bragantia**. v. 56, n. 2, p. 291-303. 1997.

MELLO, A. J. R.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; BORSATTO, E. A. Produtividade de híbridos de milho em função da velocidade de semeadura. **Engenharia Agrícola**. v. 27, n. 2, p. 479-486. 2007.

MIALHE, L.G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica “Ceres” LTDA. 1974.

MICHELAZZO, M. B.; BRAUNBECK, O. A. Análise de seis sistemas de recolhimento do palhiço na colheita mecânica da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n. 5, p. 546-552. 2008.

MILAN, M. **Gestão Sistêmica e Planejamento de Máquinas Agrícolas**. Piracicaba, 2004. Tese (Livre docência), USP/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C.; PIEDADE, S. M. S. Probabilidade de sequência de dias trabalháveis com máquinas com subsídio ao planejamento de operações agrícolas na região de Piracicaba, SP. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES. 5p. 2011.

MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C.; PIEDADE, S. M. S. Dias trabalháveis para o manejo do solo em função da chuva e da disponibilidade hídrica do solo em diferentes regiões brasileiras. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3. 2014.

MOREY, R. V.; ZACHARIAH, G. L.; PEART, R. M. 1971. Optimum policies for corn harvesting. **Transactions of the ASAE**. v. 14, n. 5, p. 787-792. 1971.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. I. Efeito nas características agronômicas. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 24, n. 5, p. 1275-1280. 2002a.

MOTTA, I. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. L. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. II. Efeito na qualidade fisiológica das sementes. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 24, n. 5, p. 1281-1286. 2002b.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Épocas de semeadura da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 18, p. 1187-1198. 1983.

NEPOMUCENO, M.; ALVES, P. L. C. A.; DIAS, T. C. S.; PAVANI, M. C. M. D. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da soja nos sistemas de semeadura direta e convencional. **Planta daninha**. v. 25, n. 1, p. 43-50. 2007.

NOLTE, B. H.; FAUSEY, N. R.; SKAGGS, R. W. Time available for field work on two Ohio soils. **Transactions of the ASAE**. p. 445-451. 1983.

NORONHA, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. São Paulo: Atlas. 274p. 1981.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária. 478p. 2002.

PEREIRA, L. A. G.; COSTA, N. P.; QUEIROZ, E. F.; NEUMAIER, N.; TORRES, E. Efeito da época de semeadura sobre a qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 1, n. 3, p. 77-89. 1979.

PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. S.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agricola**. v. 57, n. 1, p. 89-96. 2000.

PISHGAR-KOMLEH, S. H.; SEFEEDPARI, P.; RAFIEE, S. Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. **Energy**. v. 36, p. 5824-5831. 2011.

ROTZ, C. A.; HARRIGAN, T. M.; HARRIGAN, T. M.; ROTZ, C. A. Predicting suitable days for field machinery operations in a whole farm simulation. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 21, n. 4, p. 563-571. 2005.

RUMSEY, J. W. TORRES, D. Soil trafficability in California loam soils. New Orleans: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. 1989. 12p. (Paper, 89-1547).

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Comunicado técnico 198. EMBRAPA. Dourados. 2014.

SEPLAN-MT. **Mapa de solos do Estado do Mato Grosso**. 2001. Disponível em: <<http://metadados.seplan.mt.gov.br/metadados/srv/por/catalog.search;jsessionid=4B3B9F32F3E267021B879BD764483993#/metadata/23cdf96c-5030-467f-8844-f1eef12b6206> >. Acesso em: 02 jul. 2018.

SIEMENS, J.; HAMBURG, K.; TYRRELL, T. A Farm Machinery Selection and Management Program. **Journal of Production Agriculture**. v. 3, n. 2, p. 212-219. 1990.

SILVA, A. R.; DIAS, M. S. J.; GUIMARÃES, P. T. G.; ARAUJO, C. F. J. Modelagem da capacidade de suporte de carga e quantificação dos efeitos das operações mecanizadas em um Latossolo Amarelo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 30, n. 2, p. 207-216. 2006.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora-adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto na produtividade da cul. **Scientia Agrícola**. v. 57, n. 1, p. 7-12. 2000.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**. v. 30, n. 5, p. 795-801. 2000a.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Suscetibilidade à compactação de um latossolo vermelho-escuro e de um podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 24, n. 2, p. 239-249. 2000b.

SEDIYAMA, G. C.; PRUITT, W. O.; COSTA, J. M. N.; BERNARDO, S. Modelo para computação da irrigação suplementar e do número de dias trabalháveis com máquinas agrícolas na produção da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Revista Ceres**. v. 26, n. 145, p. 238-250. 1979.

TABONY, R. C. The estimation of missing climatological data. **Journal of Climatology**. v. 3, n. 3, p. 297-314. 1983.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology. 1955. 104 p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F. Estabelecimento da lavoura de soja. In: THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. (Orgs.). Soja: manejo para altas produtividades de grãos. Porto Alegre: Editora Evangraf, p. 127-140, 2010.

TIEPPO, R. C.; ROMANELLI, T. L.; MILAN, M.; SØRENSEN, C. A. G.; & BOCHTIS, D. Modeling cost and energy demand in agricultural machinery fleets for soybean and maize cultivated using a no-tillage system. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 156, p. 282-292. 2019.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DA SILVA, C. L.; ADAMI, P. F.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 7, p. 796-802. 2013.

TULU, M. Y.; HOLTMAN, R. B.; FRIDLEY, R. B.; PARSONS, S.D. Timelines costs and available working days – shelled corn. **Transactions of the ASAE**. v. 17, p. 798-800. 1974.

VALE, W. G.; GARCIA, R. F.; THIEBAUT., J. T. L.; AMIM, R. T.; TOURINO, M. C. C. Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio adubadora em plantio direto e convencional. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 30, n. 4, p. 441-448. 2008.

VAZ BISNETA, M.; MELLO FILHO, O. L.; ANGHEDEN, S.; CÂMARA, A. R.; CARDOSO JUNIOR, L. A.; ZITO, R. K.; MEYER, M. C.; NUNES JUNIOR, J. Influência da época de semeadura na produtividade e caracteres agronômicos de cultivares de soja em goiás. VI Congresso brasileiro de soja. 7p. 2012.

VEIGA, C. M. **Modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja considerando a pontualidade na semeadura**. Piracicaba, 2000. Dissertação - USP/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

VIEIRA, S. A.; IGNACZAK, J. C.; BEN, J. R.; VELOSO, J. A. R. O.; WENDT, W. Épocas de semeadura e espaçamento sobre algumas características agronômicas da soja no planalto rio-grandense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 20, n. 1977, p. 215-226. 1985.

VIEIRA, L. H. S. **Dias trabalháveis para a colheita mecanizada da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, com base em critérios agrometeorológicos**. Piracicaba, 2017. 142 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

VIEIRA, L. H. S.; SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. B. (2019). Sequence of workable days for mechanized harvest of sugarcane in southern Brazil. **Journal of Agricultural Science**. v. 11, n. 6, p. 199-208. 2019.

VON BARGEN, K.; MENG, J.; SCHROEDER, M. A. Field working time for agricultural equipment management in Nebraska. **San Luis Obispo: American Society of Agricultural and Biological Engineers**. 1986. 17p. p. 86-124.

APÊNDICES

APÊNDICE A.

Tabela 15. Preenchimento dos períodos faltantes das séries históricas de temperatura máxima nas estações meteorológicas localizadas na macrorregião MN.

Estação meteorológica	Estação vizinha	Período faltante		Período estudado		Temperatura máxima	
		Início	Término	Início	Término	Equação	R ²
Sorriso	Nova Ubiratã	29/03/13	15/04/13	25/03/13	29/04/13	$y = 0,77x + 6,99$	0,81
		12/06/13	15/06/13	04/06/13	25/06/13	$y = 0,75x + 7,26$	0,81
Nova Ubiratã	Sinop	02/08/13	23/09/13	23/07/13	29/09/13	$y = 1,11x - 4,62$	0,84
		09/05/13	19/05/13	07/05/13	26/05/13	$y = 0,75x + 7,74$	0,69
	15/07/14	16/07/14	26/06/14	26/07/14	$y = 0,94x + 1,46$	0,84	
	Sorriso	15/01/16	27/02/16	11/01/16	28/02/16	$y = 0,69x + 4,4$	1,00
		29/09/16	09/10/16	08/09/16	29/10/16	$y = 0,91x + 2,34$	0,77
		01/03/17	30/05/17	11/02/17	16/06/17	$y = 0,8x + 5,64$	0,78
Nova Maringá	Sorriso	19/08/16	13/10/16	03/08/16	04/11/16	$y = 0,96x + 0,56$	0,79
	Nova Maringá	05/04/13	18/04/13	31/03/13	24/04/13	$y = 0,74x + 7,15$	0,75
Sinop		Sinop	12/06/13	13/06/13	11/06/13	15/06/13	$y = 0,75x + 7,26$
	22/12/13		02/01/14	18/12/13	10/01/14	$y = 1,02x - 1,56$	0,85
	12/01/14	25/05/14	10/01/14	23/06/14	$y = 1,2x - 6,96$	0,76	
	Sorriso	07/07/15	08/07/15	01/07/15	15/07/15	$y = 1,84x - 28,69$	0,83
		21/10/15	26/10/15	09/10/15	03/11/15	$y = 0,81x + 6,28$	0,86
		22/10/16	14/12/16	15/10/16	31/12/16	$y = 0,87x + 3,66$	0,76
28/04/17	30/05/17	21/04/17	07/06/17	$y = 1,23x - 7,85$	0,80		
São José do Rio Claro	Nova Maringá	25/10/14	30/10/14	16/10/14	02/11/14	$y = 0,99x + 0,66$	0,90

Tabela 16. Preenchimento dos períodos faltantes das séries históricas de temperatura mínima nas estações meteorológicas localizadas na macrorregião MN.

Estação meteorológica	Estação vizinha	Período faltante		Período estudado		Temperatura mínima	
		Início	Término	Início	Término	Equação	R ²
Sorriso	Nova Ubiratã	29/03/13	15/04/13	25/03/13	29/04/13	$y = 0,96x + 1,8$	0,81
		12/06/13	15/06/13	07/06/13	19/06/13	$y = -2,19x + 69,04$	0,71
Nova Ubiratã	Sinop	02/08/13	23/09/13	24/07/13	08/10/13	$y = 0,91x + 2,6$	0,84
		09/05/13	19/05/13	08/05/13	19/05/13	$y = 1,54x - 4,29$	0,36
	15/07/14	16/07/14	13/07/14	17/07/14	$y = -9,77x + 213,83$	0,95	
	Sorriso	15/01/16	27/02/16	14/01/16	29/02/16	$y = -0,64x + 37,75$	0,74
		29/09/16	09/10/16	02/09/16	19/10/16	$y = 0,73x + 5,32$	0,83
		01/03/17	30/05/17	01/02/17	22/06/17	$y = 1,03x - 1,83$	0,78
Nova Maringá	Sorriso	19/08/16	13/10/16	13/07/16	04/11/16	$y = 1,67x - 15,34$	0,79
	Nova Maringá	05/04/13	18/04/13	28/03/13	27/04/13	$y = 0,65x + 7,72$	0,79
Sinop		Sinop	12/06/13	13/06/13	11/06/13	14/06/13	$y = -25x + 470$
	22/12/13		02/01/14	20/12/13	05/01/14	$y = 1,86x - 18,11$	0,81
	12/01/14	25/05/14	11/01/14	26/07/14	$y = 1,42x - 8,2$	0,54	
	Sorriso	07/07/15	08/07/15	06/07/15	09/07/15	$y = 3,12x - 32,54$	1,00
		21/10/15	26/10/15	20/10/15	28/10/15	$y = 2,67x - 38,27$	0,75
		22/10/16	14/12/16	18/10/16	15/12/16	$y = -2,79x + 84,79$	0,71
28/04/17	30/05/17	27/04/17	31/05/17	$y = -2,63x + 73,98$	1,00		
São José do Rio Claro	Nova Maringá	25/10/14	30/10/14	23/10/14	31/10/14	$y = 1,16x + 3,8$	0,98

Tabela 17. Precipitação na estação do município na macrorregião MN por safra.

Data	Precipitação (mm) na estação por município				
	Sorriso	Sinop	Nova Ubiratã	Nova Maringá	Média
2012	1.336	1.336	1.009	1.541	1.305
2013	1.468	1.468	1.441	2.056	1.608
2014	1.277	1.277	1.701	1.897	1.538
2015	1.257	1.285	1.189	1.309	1.260
2016	1.984	1.905	1.838	1.597	1.831
2017	1.728	1.844	2.203	1.854	1.908
Total	9.050	9.114	9.381	10.254	9.450
Média	1.508	1.519	1.564	1.709	1.575

APÊNDICE B.

Tabela 18. Preenchimento dos períodos faltantes das séries históricas de temperatura máxima nas estações meteorológicas localizadas na macrorregião SD.

Estação meteorológica	Estação vizinha	Período faltante		Período estudado		Temperatura máxima	
		Início	Término	Início	Término	Equação	R ²
Campo Verde	Itiquira	12/09/13	15/09/13	03/09/13	24/09/13	$y = 0,59x + 10,98$	0,76
		18/09/13	19/09/14	03/09/13	24/09/13	$y = 0,59x + 10,98$	0,76
		10/05/14	17/05/14	08/05/14	26/05/14	$y = 0,44x + 13,81$	0,97
		20/05/14	25/05/14	08/05/14	26/05/14	$y = 0,44x + 13,81$	0,97
		09/06/16	27/08/16	06/06/16	01/09/16	$y = 0,9x - 0,2$	0,55
Itiquira	Campo Verde	21/06/12	24/06/12	10/06/12	28/08/12	$y = 1,10x - 1,82$	0,79
		27/06/12	30/06/12	10/06/12	28/08/12	$y = 1,10x - 1,82$	0,79
		07/07/12	08/07/12	10/06/12	28/08/12	$y = 1,10x - 1,82$	0,79
		17/07/12	18/07/12	16/07/12	18/07/12	$y = 0,33x + 19,5$	1,00
		21/07/12	20/08/12	10/06/12	28/08/12	$y = 1,10x - 1,82$	0,79
Paranatinga	Santo Antônio do Leste	23/06/13	24/09/13	18/06/13	30/09/13	$y = 1,04x - 0,14$	0,89
		29/11/13	03/12/13	27/11/13	05/12/13	$y = -0,56x + 39,93$	0,90
		14/12/13	21/12/13	13/12/13	23/12/13	$y = 1,81x - 26,81$	1,00
	Alto Taquari	02/01/14	03/01/14	01/01/14	04/01/14	$y = 0,7x - 1,32$	1,00
		02/02/14	23/02/14	01/02/14	24/02/14	$y = -3,08x + 117,4$	1,00
		22/02/17	29/05/17	21/02/17	31/05/17	$y = -0,64x + 46,32$	0,76
		Santo Antônio do Leste	14/06/17	27/09/17	30/05/17	31/12/17	$y = 0,76x + 8,29$
03/10/17	22/10/17		30/05/17	31/12/17	$y = 0,76x + 8,29$	0,61	
Santo Antônio do Leste	Rondonópolis	26/03/12	28/03/12	22/03/12	31/03/12	$y = 1,12x - 7,96$	0,72
		14/04/12	15/04/12	12/04/12	16/04/12	$y = -0,18x + 37,44$	0,64
	Paranatinga	19/04/12	21/04/12	18/04/12	17/05/12	$y = 0,83x + 2,48$	0,74
		29/04/12	07/05/12	18/04/12	17/05/12	$y = 0,83x + 2,48$	0,74
Rondonópolis	Rondonópolis	10/05/17	28/05/17	11/04/17	31/05/17	$y = 0,59x + 10,34$	0,64
Rondonópolis	Santo Antônio do Leste	15/10/16	06/11/16	06/09/16	27/01/17	$y = 0,93x + 4,89$	0,71
		09/11/16	17/12/16	06/09/16	27/01/17	$y = 0,93x + 4,89$	0,71
Guiratinga	Rondonópolis	10/03/15	27/04/15	27/02/15	12/05/15	$y = 0,75x + 7,5$	0,65
	Alta Araguaia	16/11/16	17/12/16	07/11/16	22/01/17	$y = 1,01x + 2,09$	0,66
Alto Taquari	Itiquira	15/03/16	17/04/16	09/03/16	24/04/16	$y = 0,90x + 1,16$	0,94
		28/06/16	29/06/16	22/06/16	18/09/16	$y = 0,97x - 0,31$	0,77
	Alto Araguaia	05/07/16	11/07/16	22/06/16	18/09/16	$y = 0,97x - 0,31$	0,77
		21/07/16	23/08/16	20/07/16	16/09/16	$y = 1,01x - 1,99$	0,85
Alto Araguaia	Alto Taquari	12/06/13	14/06/13	06/05/13	24/06/13	$y = 0,62x + 11,69$	0,61
		11/04/15	27/05/15	23/03/15	19/06/15	$y = 0,77x + 7,0$	0,77

Tabela 19. Preenchimento dos períodos faltantes das séries históricas de temperatura mínima nas estações meteorológicas localizadas na macrorregião SD.

Estação meteorológica	Estação vizinha	Período faltante		Período estudado		Temperatura mínima	
		Início	Término	Início	Término	Equação	R ²
Campo Verde	Itiquira	12/09/13	15/09/13	10/09/13	26/09/13	$y = 1,64x - 6,40$	0,83
		18/09/13	19/09/13	10/09/13	26/09/13	$y = 1,64x - 6,40$	0,83
		10/05/14	17/05/14	09/05/14	26/05/14	$y = 0,42x + 18$	0,73
		20/05/14	25/05/14	09/05/14	26/05/14	$y = 0,42x + 18$	0,73
		09/06/16	27/08/16	01/06/16	31/08/16	$y = 0,63x + 7,32$	0,68
Itiquira	Campo Verde	21/06/12	24/06/12	18/06/12	25/06/12	$y = 0,39x + 20,67$	0,91
		27/06/12	30/06/12	26/06/12	02/07/12	$y = -1,91x + 58,07$	0,98
	Alto Araguaia	07/07/12	08/07/12	03/07/12	10/07/12	$y = 2,13x - 3,65$	0,65
	Campo Verde	17/07/12	18/07/12	16/07/12	19/07/12	$y = -2,8x + 56,64$	1,00
Paranatinga	Santo Antônio do Leste	23/06/13	25/09/13	18/06/13	30/09/13	$y = 0,87x + 2,67$	0,65
		29/11/13	03/12/13	23/11/13	06/12/13	$y = -0,53x + 31,77$	0,62
	Itiquira	14/12/13	21/12/13	12/12/13	25/12/13	$y = 0,92x + 2,59$	0,74
	Itiquira	02/01/14	03/01/14	31/12/13	06/01/14	$y = 0,99x + 0,26$	0,94
	Guiratinga	02/02/14	23/02/14	01/02/14	24/02/14	$y = 0,8x + 5,6$	0,68
	Alto Taquari	22/02/17	29/05/17	02/02/17	05/06/17	$y = 0,57x + 10,48$	0,65
	Santo Antônio do Leste	15/06/17	27/09/17	06/06/17	06/12/17	$y = 1,08x - 0,18$	0,60
	Santo Antônio do Leste	03/10/17	22/10/17	06/06/17	06/12/17	$y = 1,08x - 0,18$	0,60
	Santo Antônio do Leste	26/11/17	01/12/17	06/06/17	06/12/17	$y = 1,08x - 0,18$	0,60
	Santo Antônio do Leste	Rondonópolis	26/03/12	28/03/12	24/03/12	02/04/12	$y = -2,98x + 83,13$
14/04/12			15/04/12	08/04/12	17/04/12	$y = 4,55x - 71,12$	0,72
Paranatinga		19/04/12	21/04/12	18/04/12	15/05/12	$y = 2,62x - 28,9$	0,79
		29/04/12	07/05/12	18/04/12	15/05/12	$y = 2,62x - 28,9$	0,79
Rondonópolis	Santo Antônio do Leste	10/05/17	28/05/17	07/05/17	01/06/17	$y = 0,92x + 1,45$	0,73
		15/10/16	06/11/16	14/10/16	22/12/16	$y = 2,89x - 32,14$	0,75
Guiratinga	Rondonópolis	09/11/16	17/12/16	14/10/16	22/12/16	$y = 2,89x - 32,14$	0,75
		10/03/15	27/04/15	06/03/15	19/05/15	$y = 1,90x - 16,27$	0,71
Alto Taquari	Alto Araguaia	16/11/16	17/12/16	15/11/16	18/12/16	$y = 1,65x - 6,25$	1,00
		15/03/16	17/04/16	09/03/16	26/04/06	$y = 0,73x + 2,17$	0,86
		28/06/16	29/06/16	27/06/16	30/06/16	$y = -5,25x + 81,65$	1,00
Alto Taquari	Paranatinga	05/07/16	11/07/16	04/07/16	12/07/16	$y = 34x - 423,8$	1,00
		21/07/16	23/08/16	19/07/16	29/08/16	$y = -1,04x + 37,68$	0,78
Alto Araguaia	Alto Taquari	12/06/13	14/06/13	27/05/13	24/06/13	$y = 0,88x + 2,04$	0,70
		11/04/15	27/05/15	26/03/15	18/06/15	$y = 0,87x + 2,71$	0,74

Tabela 20. Precipitação na estação do município na macrorregião SD por safra.

Data	Precipitação (mm) na estação por municípios							Média
	Campo Verde	Itiquira	Paranatinga	Rondonópolis	Guiratinga	Alto Araguaia	Alto Taquari	
2012	1.426	1.654	1.452	1.288	1.638	1.328	1.370	1.374
2013	1.751	1.428	1.822	1.141	1.771	1.654	1.822	1.607
2014	1.995	1.668	1.966	1.783	1.913	1.845	2.066	1.865
2015	1.234	969	1.382	1.448	1.594	1.362	1.709	1.359
2016	1.073	1.467	1.580	1.303	1.478	1.735	1.759	1.333
2017	1.387	1.374	1.691	1.233	1.733	1.615	1.213	1.344
Total	8.866	8.561	9.894	8.196	10.128	9.540	9.939	8.881
Média	1.478	1.427	1.649	1.366	1.688	1.590	1.657	1.480