

## Sistemas de cultivo em solos arenosos: impactos nos indicadores da qualidade de solo e produtividade da soja.

Aureo Henrique Hubinger Fonseca<sup>1</sup>, Gustavo Henrique Chaves de Matos Trovato<sup>1</sup>, Nome Elcio Ferreira Santos<sup>1</sup>

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – IFMS/NA - MS

aureo.fonseca@estudante.ifms.edu.br, elcio.santos@ifms.edu.br

### Resumo

O sistema de plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) são exemplos de sistemas de cultivo conservacionistas. Tradicionalismo e a maior complexidade do sistema, são os principais desafios para sua adoção. Assim, o estudo objetivou comparar o impacto da adoção do sistema nos atributos químicos e físicos do solo, bem como na produtividade e nutrição de soja. Para isso, conduziu-se o experimento em delineamento experimental de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três sistemas de produção (Convencional x Direto x ILPF) e as subparcelas em diferentes profundidades de solo amostradas (0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40; 40 – 80; 80 – 100 cm). Coletou-se amostras de solo na floração da soja, para a determinação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Além disso, nos sistemas de cultivo, comparou-se o teor de nutrientes em folha diagnose e características agrônômicas da soja.

**Palavras-chave:** Convencional; Direto; ILPF.

### Introdução

No cenário agrícola brasileiro cada vez mais são discutidas ações que maximizem a produção e qualidade agrícola ao mesmo tempo em que é buscado a redução no uso de recursos do sistema. Assim, os desafios para produzir alimentos são cada vez maiores (Vilela et al., 2011). Para atingir tais objetivos, uma alternativa que tem se popularizado nos últimos anos é o uso de sistemas de conservacionistas do solo buscando a sustentabilidade ambiental da unidade de produção (Balbino et al., 2011). Um desses sistemas, é o plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF).

O plantio direto busca a semeadura em solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem leve niveladora). Um pequeno sulco ou cova é aberto com profundidades e larguras suficientes para garantir a adequada cobertura e contato da semente com o solo (Viana et al., 2012; Oliveira et al., 2013; Kluthcouski et al., 2015). Já a ILPF, além da semeadura de grãos de forma direta, é fundamentada na combinação e sinergismo dos componentes do sistema produtivo, para atingir patamares cada vez mais elevados de

qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade (Balbino et al., 2011).

Ambos os sistemas conservacionistas trazem inúmeros benefícios, como a redução no impacto da gota da chuva na superfície do solo; redução da erosão; manutenção da temperatura ideal para as plantas; e redução a perda de água por evaporação (Viana et al., 2012; Oliveira et al., 2013; Kluthcouski et al., 2015). A implementação do sistema ILPF, além dos benefícios do plantio, também gera outros benefícios tecnológicos relacionados ao bem-estar animal em decorrência do maior conforto térmico (Balbino et al., 2011). A utilização desses sistemas, nas situações em que é exequível a sua adoção, passa a ser de grande importância para a recuperação de áreas em degradação, tanto de pastagens como de lavouras (Zimmer et al., 2004; Macedo, 2009). Contudo, ainda existem receios para adoção da tecnologia ILPF por parte dos produtores, diferentemente do observado para outros sistemas conservacionistas, como o plantio direto.

Tradicionalismo e a maior complexidade do sistema, são os principais desafios para a adoção do sistema ILPF (Kichel et al., 2012; Salton et al., 2013; Silva et al., 2017). Vários estudos têm demonstrado os benefícios em Mato Grosso do Sul pela adoção do sistema de plantio direto (Comunicação Embrapa Gado de Corte e Embrapa Agropecuária Oeste; Roscoe et al., 2006; Salton et al., 2013; Pereira, 2017). Contudo, são escassos na literatura estudos comparativos do efeito do uso do sistema de plantio direto, com o sistema ILPF e sistemas não conservacionistas em uma mesma região.

Sendo assim, o presente trabalho objetivou-se comparar o impacto da adoção de três diferentes sistemas de cultivo (Convencional x Direto x ILPF) nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, bem como na produtividade e nutrição de soja.

### Metodologia

#### Local e condução experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - Câmpus Nova Andradina. Rodovia MS 473, KM 23 - Fazenda Santa Bárbara, s/n, apresentando relevo plano a suave ondulado e declividade média de 3%. A região apresenta médias anuais de temperatura e precipitação

pluvial entre 20 - 22 °C e 1500 - 1700 mm, respectivamente (AMORE, 2009). O solo foi identificado como Latossolo Vermelho conforme Santos et al. (2013).

O solo da unidade experimental apresenta os seguintes resultados: Areia = 85%; Silte = 4%; Argila = 11%; P (Mehlich) = 2,25 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,03 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,25 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,10 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,13 cmolc dm<sup>3</sup>; SB = 2,38 cmolc dm<sup>-3</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,20; M.O. = 9,03 g dm<sup>-3</sup>; CTC = 4,51 cmolc dm<sup>-3</sup>; V = 52,7%.

Em uma área com pastagem degradada, foi feita a reforma da mesma, por meio da implantação do ILPF, plantio direto e plantio convencional. Também reservou-se uma área sem reforma, ou seja, parte da área se manteve com pastagem degradada para fim de controle experimental. Desta maneira, os tratamentos foram os seguintes: 1º) soja cultivada em sistema convencional (gradagem pesada + niveladora); 2º) soja cultivada em sistema de plantio direto; 3º) soja cultivada em integração com floresta implantada (eucalipto); 4º) Pastagem degradada.

A semeadura de soja na safra 22-23 ocorreu na segunda quinzena de outubro de 2022, com a utilização da variedade MONSOY6410®, com uma densidade de semeadura de 13 sementes por metro linear e uma adubação básica de N-P-K de 300 kg/ha de 4-30-10, e em cobertura 100 kg/ha de KCl no estágio fenológico V4. Todo manejo fitossanitário será conduzido de acordo com as exigências da cultura na região (LOPES, 2013).

#### Amostragem de solo

Todas as amostras de solo foram coletadas na mesma data, (soja em floração) com sonda, nos quatro sistemas de cultivo. Configurou-se então um delineamento experimental em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas constituídas por quatro sistemas de produção (Convencional x Direto x ILPF x Pastagem Degradada) e as subparcelas a diferentes profundidades de solo amostradas (0 - 5; 5 - 10; 10 - 20; 20 - 40; 40 - 80; 80 - 100 cm).

Para análise química as amostras de TFSA foram submetidas à análise química segundo Raij et al. (2001) com determinação de matéria orgânica, pH, fósforo, cálcio, magnésio, acidez potencial e teor de Al.

Outro conjunto de amostras de solo foi usado para avaliar nove indicadores da qualidade de solo, com base nos atributos químicos, físicos e biológicos, conforme apresentado a seguir: a) indicadores químicos: determinou-se o teor disponível de fósforo (P), potássio (K) trocável e acidez ativa (pH em H<sub>2</sub>O) por meio da metodologia proposta por RAIJ (2001); b) indicadores biológicos: (i) carbono orgânico total do solo (COT), determinada por meio da oxidação da matéria orgânica via úmida (WALKLEY; BLACK, 1934); (ii) carbono da

biomassa microbiana (CBM), obtida em amostras na capacidade de campo (VANICE; BROOKES; JENKINSON, 1987); (iii) atividade da enzima β-Glucosidase (BG), determinada por meio da metodologia proposta por TABATABAI (1994).

Os atributos químicos (pH, P e K) são utilizados para avaliar a fertilidade do solo, uma vez que há relação entre a acidez do solo e a disponibilidade de nutrientes. Por fim, foram selecionados atributos biológicos como o COT, CBM e BG. O COT.

#### Cultivo da soja

Para a avaliação do cultivo da soja, foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados disposto com quatro repetições. As parcelas estavam constituídas de 7 fileiras de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m. As avaliações foram efetuadas nas duas fileiras centrais da parcela. Cada parcela constou com 3 m de largura por 5 metros de comprimento (15 m<sup>2</sup>), onde a área útil será as 2 linhas centrais de 5 m cada, as linhas laterais foram descartadas por serem consideradas bordaduras.

Foram coletadas as folhas diagnoses de soja no estágio reprodutivo R1 segundo descrição de Fehr (1971) citado por Queiroz (2005) para determinação de macro e micronutrientes. Foi coletado no estágio R8, 10 plantas de soja seguidas nas três linhas centrais dos canteiros (área útil da parcela), às quais foram levadas ao laboratório para determinação de: - altura de plantas: Avaliada a distância entre o colo e o ápice da haste principal das plantas; - altura de inserção da primeira vagem: avaliação da distância entre o colo da planta e a inserção da primeira vagem na soja; - número de grãos por vagem: obtida através da contagem total das vagens nas plantas amostradas, dividindo-se pelo número das mesmas na planta; - número de vagens por planta: Obtido através da contagem total das vagens nas 10 plantas amostradas, onde se dividiu pelo número de plantas amostradas. Nesta avaliação, foi contado o número de vagens que apresentaram grãos e o número de vagens chochas; - produção de grãos: Coletadas as plantas de soja contidas nas 3 linhas centrais da parcela, com 5 m de comprimento. As plantas coletadas foram secadas ao sol, depois trilhadas mecanicamente e os grãos pesados e os dados obtidos transformados em kg ha<sup>-1</sup> (13% de umidade); - massa de 1000 grãos: Coletado 1000 grãos para se obter sua massa através da pesagem no momento da colheita.

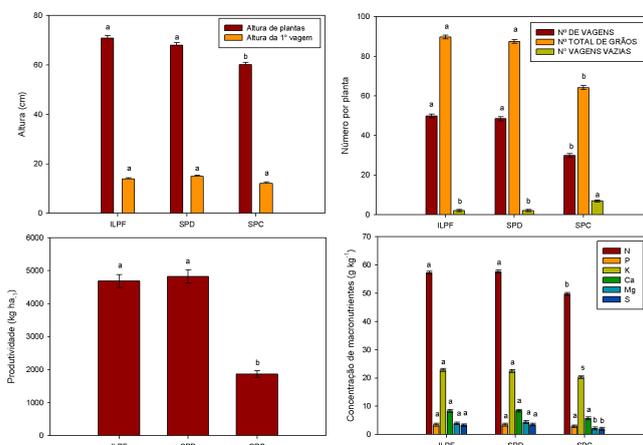
#### Análise dos resultados

Os resultados foram analisados estatisticamente através do programa SISVAR Ferreira (2011), e ao nível de significância de 5%, sendo que as informações qualitativas de cada fator analisadas através do Teste Tukey.

## Resultados e Discussão

Ao final das avaliações realizadas com as plantas, obteve-se resultados de altura de planta, altura de 1ª vagem, número de vagens, número total de grãos, número de vagens vazias, produtividade da soja (kg/ha) e concentração de macronutrientes. Todos os dados citados acima, foram evidenciados na figura 1, sendo comparados os resultados entre sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto e plantio convencional. Dessa forma, foi possível observar resultados semelhantes em altura de planta e 1ª vagem, produtividade, número de grãos, total de grãos e vagens vazias por planta, e concentração de macronutrientes entre ILPF e SPD, manifestando dados mais satisfatórios quando comparados com o sistema convencional.

No sistema de integração e no plantio direto, as plantas apresentaram valores superiores em altura de planta, número de vagens e grãos, e maior concentração de macronutrientes, consequentemente, maior produtividade (kg/ha). Já para o sistema convencional, os resultados foram significativamente inferiores, apontando diferenças, principalmente em produtividade (kg/ha), apenas o número de vagens vazias foi menor, fator esse que expressa resultado negativo à planta. A desigualdade entre os dados obtidos dos dois sistemas conservacionistas e o convencional é decorrente das condições físicas, químicas e biológicas expressas em cada uma delas. Nos sistemas onde tem o mínimo revolvimento do solo, palhada presente no conjunto, maior teor de matéria orgânica e umidade, e diversificação no cultivo e atividade, tem-se um ambiente de produção com melhores características para o desenvolvimento da planta.

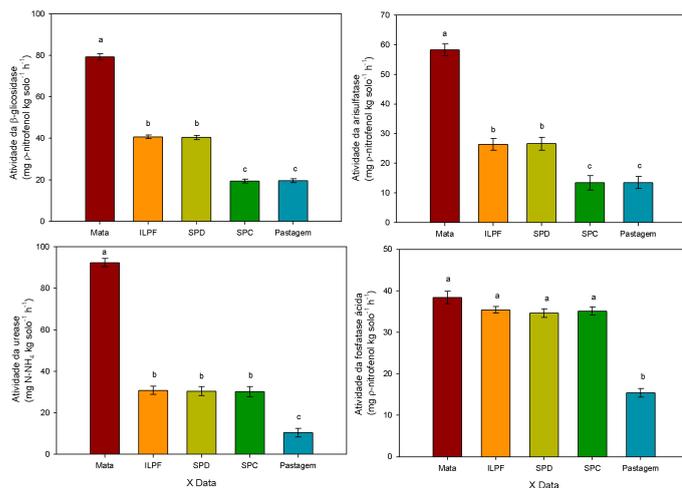


**Figura 1.** Altura (cm), Número por planta (nº de vagens, nº total de grãos, nº de vagens vazias), produtividade (kg/ha) e concentração de macronutrientes (g/kg) em ILPF, SPD, SPC.

Para as análises químicas e físicas, foram incrementados dois tratamentos para comparação dos diferentes sistemas, os mesmos são uma área de mata nativa e outra de uma pastagem degradada, ambas coletadas próximas ao local onde foi estabelecido o experimento.

Na figura 2 são apresentados os resultados de atividade de  $\beta$ -glicosidase, atividade da fosfatase ácida, atividade da arilsulfatase e atividade da urease. Esses fatores foram avaliados de acordo com a atividade enzimática de cada um dos tratamentos. Para atividade de  $\beta$ -glicosidase e arilsulfatase, os resultados se mostraram semelhantes em todos os sistemas, evidenciando números mais significativos na mata, posteriormente em, ILPF e SPD, e inferiores em SPC e pastagem degradada. A diferença entre os tratamentos para essas atividades enzimáticas são explicados pela capacidade desses sistemas em aumentar a quantidade de C do solo, principalmente nas camadas mais superficiais, por essas enzimas estarem ligadas diretamente a decomposição de matéria orgânica (MO). Sendo assim, quanto maior a quantidade de MO, maior a atividade de  $\beta$ -glicosidase e arilsulfatase.

Quando comparada a atividade da fosfatase ácida entre os sistemas, a mata mostrou maior resultado, em seguida, o ILPF, SPD, e SPC apontaram semelhança. Já na área de pastagem degradada, a atividade da fosfatase ácida foi muito baixa. Essa resposta à atividade da fosfatase ácida se dá pelo acúmulo C no estoque do solo e maior resposta da planta à necessidade de P, o que auxilia a planta em seu processo produtivo. Assim como na atividade da fosfatase ácida, o número mais expressivos da atividade da urease foram encontrados na mata, e os menores em pastagem degradada, ficando os sistemas de cultivo de maneira semelhante. Todos esses fatores estão associados aos teores de matéria orgânica presente no solo, o que estimula a atividade microbiana do solo aumentando a atividade enzimática.

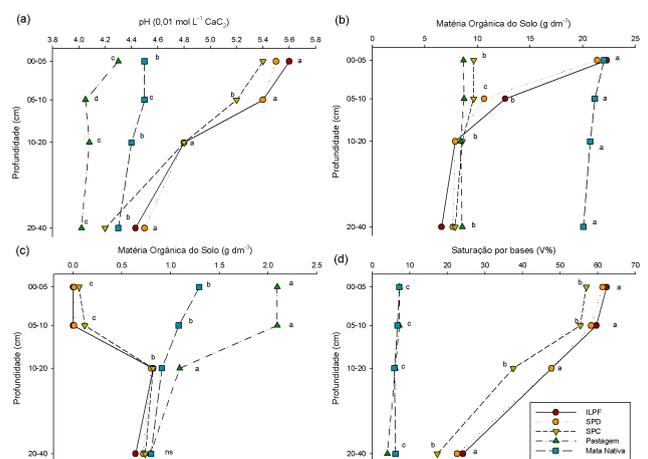


**Figura 2.** Atividade de β-glicosidase, atividade da fosfatase ácida, atividade da arilsulfatase e atividade da urease em mata nativa, ILPF, SPD, SPC e pastagem degradada.

A figura 3 apresenta as determinações de pH (a), Matéria Orgânica do Solo (b), Matéria Orgânica do Solo (c), e saturação por bases (d), dos diferentes ambientes. Ao comparar os dados de pH e saturação por bases, é possível observar os maiores valores nos sistemas de cultivo, principalmente na superfície do solo, local onde ocorre

reação da maior porção de calcário aplicado. Porém, em maiores profundidades, esses valores tendem a ter um decréscimo, pelo produto não se movimentar até as camadas mais profundas. Já para a mata e pastagem degradada, esses valores são mais baixos, isso deve-se ao manejo feito nas áreas de cultivo com correção e adubação.

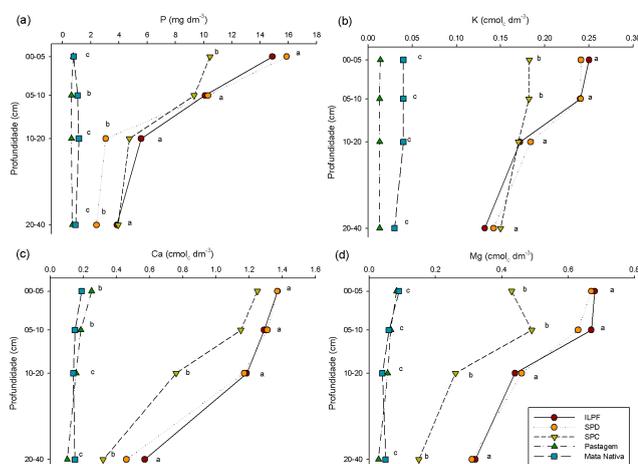
Já os teores de matéria orgânica do solo, as áreas onde estão com pastagens degradadas e em sistema convencional contam com valores muito baixos, já as parcelas alocadas com sistemas mais conservacionistas e mata nativa, tem valores significativos. Esses fatos são explicados pela quantidade de resíduos gerados pela vegetação das matas e a formação de cobertura vegetal nos sistemas de produção. A rotação de culturas, aliada a produção de cobertura vegetal, o revolvimento mínimo do solo, são condições propícias para o acúmulo de matéria orgânica no solo. Diferente do que ocorre em sistema convencional e pastagem degradada, onde a ação feita sobre o solo é de extração.



**Figura 3.** pH (a), Matéria Orgânica do Solo (b), Matéria Orgânica do Solo (c), e saturação por bases (d), em mata nativa, ILPF, SPD, SPC e pastagem degradada.

Ao analisar a figura 4, é possível determinar a quantidade de P, K, Ca e Mg em diferentes profundidades, sendo elas de 0 a 40 cm, nos 5 diferentes ambientes. Quando comparado os

teores de cada um dos nutrientes, os valores dos ambientes de produção já manejados aparecem significativamente mais altos do que a pastagem degradada e a mata. Porém, é possível observar que o sistema convencional mostra menores concentrações desses nutrientes, principalmente nas camadas mais superficiais. Esse fator pode ser explicado pelo manejo realizado sobre o solo, onde não há a construção de um ambiente de produção adequado, levando em consideração os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, havendo somente extração de nutrientes.



**Figura 4.** Concentração de P, K, Ca, Mg na profundidade de 0 a 40 cm, em mata nativa, ILPF, SDP, SPC e pastagem degradada.

### Considerações Finais

Com o presente trabalho, foi possível avaliar o impacto nos indicadores de qualidade química, física e biológica do solo, bem como as características agrônômicas na cultura da soja nos três diferentes sistemas de cultivo. Sendo assim, o sistema de plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) apresentam condições mais favoráveis para o desenvolvimento da planta, assim como sua capacidade produtiva. Além disso, garante melhores atributos ao solo, devido à cobertura do solo, matéria orgânica e atividade biológica.

### Agradecimentos

Ao Programa de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) e CNPq

pela concessão de bolsa ao primeiro autor e apoio financeiro para execução do projeto.

### Referências

ALMEIDA, R. G. Sistemas agrossilvipastoris: benefícios técnicos, econômicos, ambientais e sociais. In: ENCONTRO SOBRE ZOOTECNIA DE MATO GROSSO DO SUL, 7., 2010, Campo Grande. Anais... Campo Grande: UFMS, 2010. p. 1-10. 1 CD-ROM.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; COSTA, J. A. A. Integração lavoura-pecuária-floresta e sustentabilidade na produção de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá, MT. Anais... Cuiabá, MT: Embrapa; Aprosoja, 2012. 3 p. 1 CD-ROM.

KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. i-xii, out. 2011.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHAO, R. L.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; BALBINO, L. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MULLER, M. Conceitos e modalidades da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHAO, R. L. (Ed.). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 21-33. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 133-146, jul. 2009. Suplemento especial. Edição dos Anais da 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá.

OLIVEIRA, P. de; FREITAS, R. J.; KLUTHCOUSKI, J.; RIBEIRO, A. A.; CORDEIRO, L. A. M.; TEIXEIRA, L. P.; MELO, R. A. de C. e; VILELA, L.; BALBINO, L. C. Evolução de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF): estudo de caso da Fazenda Santa Brigida, Ipameri, GO. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013. 50 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 318).

PEREIRA, M. Produtividade forrageira, degradabilidade ruminal do capim-piatã e desempenho de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Produção Animal) – Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

ROSCOE, R.; BODDEY, R. M.; SALTON, J. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 17-42.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N.; ARANTES, M.; KRUKER, J. M.; ZIMMER, A. H.; MERCANTE, F. M.; ALMEIDA, R. G. de. Sistema São Mateus: Sistema de integração lavoura-pecuária para a região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 186).

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Desenvolvimento inicial do eucalipto em monocultivo e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALFARO, A. T. S.; TROJAN, D. G. (Org.). Ciências ambientais e o desenvolvimento sustentável na Amazônia. Curitiba: Atena, 2017. p. 139-146.

VIANA, M. C. M. DUARTE, A.P., TSUNECHIRO, A. Integração Lavoura- Pecuária-Floresta utilizando a cultura do milho. In: PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). Diversidade e inovações na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos. Campinas: IAC; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. Cap. 42, p.667-687.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; EUCLIDES, V. P. B. Integrated agropastoral production systems. In: GUIMARAES, E. P.; SANZ, J. I.; RAO, I. M.; AMEZQUITA, M. C.; AMEZQUITA, E.; THOMAS, R. J. (Ed.). Agropastoral systems for the tropical savannas of Latin America. Cali: CIAT; Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 253-290. (CIATPublication, 338).