

ISBN: 978-85-921803-0-0

VIII SIMBRAS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL



**Simpósio Brasileiro de
Agropecuária Sustentável**

**5th International Conference
on Sustainable Agriculture**

**Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento
Sustentável das Novas Fronteiras Agrícolas**

AUTORES

Daniel Carneiro de Abreu

Marina Moura Morales

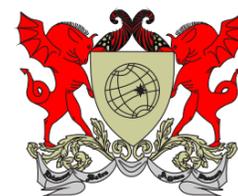
Arthur Faganello Teodoro dos Anjos

Rafaella Teles Arantes Felipe

Marieta Prata de Lima Dias

Rogério de Paula Lana

Organização do Evento



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO



www.simbras-as.com.br

Sinop (MT)

Apoio Institucional



Patrocínio



www.simbras-as.com.br

VIII SIMBRAS

**VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL
V INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AGRICULTURE**

ANAIS DE PALESTRAS

Editores

Daniel Carneiro de Abreu
Marina Moura Morales
Arthur Faganello Teodoro dos Anjos
Rafaella Teles Arantes Felipe
Marieta Prata de Lima Dias
Rogério de Paula Lana

6 a 8 de outubro de 2016

Sinop (MT) - Brasil

Impresso no Brasil

Diagramação e montagem: Aisten Baldan

Contato: Daniel Carneiro de Abreu Marina Moura Morales
Tel. (66) 3515 8574 Tel (66) 3211 4240
E-mail: abreu@ufmt.br marina.morales@embrapa.br
www.simbras-as.com.br cpamt.simbras@embrapa.br

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa

S612a	Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável (8: 2016 : Sinop, MT). Anais de palestras / VIII Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, 6 a 8 de outubro de 2016; V International Conference on Sustainable Agriculture, Sinop, MT ; Editores Daniel Carneiro de Abreu <i>et al.</i> – Sinop (MT): Os Editores, 2016. 214p. : il. ; 22 cm. Tema do congresso: Agropecuária e Agroecologia. Inclui bibliografia. ISBN 978-85-921803-0-0 1. Agropecuária – Congressos. 2. Ecologia agrícola – Congressos. I. Lana, Rogério de Paula, 1965-. II. Guimarães, Geicimara, 1980-. III. Título. IV. Título: VI Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. V. Título: VI SIMBRAS-AS. VI. Título: 630.6 CDD 22.ed.
-------	---

Integração entre a Lavoura, a Pecuária e a Floresta: Ciência e Arte

Roberta A. Carnevalli; Maurel Behling; Helio Tonini; Jorge Lulu; Admar J. Coletti; Luciano S. Shiratsuchi

Resumo: A arte de integrar os diversos componentes da produção agrícola é marcada pela alta necessidade de conhecimentos específicos sobre a resposta de cada componente obtida isoladamente e a interação entre eles, quando todos são unidos no tempo e no espaço. O sucesso é baseado no equilíbrio. Quando a necessidade de fatores de crescimento de cada componente é suprida no tempo e em quantidades suficientes, o equilíbrio ecológico é atendido e a eficiência global do sistema é alcançada. É preciso reconhecer que cada componente apresenta uma eficiência individual. Entretanto, em cultivos consorciados, a eficiência individual pode ser reduzida, mas a eficiência global do sistema deverá ser aumentada. Privilegiar um componente em detrimento de outro, pode melhorar a eficiência individual do beneficiado, mas certamente a eficiência individual do outro será reduzida. Contudo, a eficiência global poderá ser mantida e até melhorada. O desequilíbrio ocorre quando a eficiência global é reduzida em função de decisões errôneas que prejudiquem todos os componentes ao mesmo tempo. Para que o equilíbrio seja mantido, conhecer as necessidades e demandas de cada componente, considerando as necessidades e demandas do produtor rural, é fundamental no processo. Neste capítulo, foram elucidadas e discutidas ações e interferências nos cultivos consorciados e tomadas de decisão, baseadas em conhecimentos científicos e práticos atuais, na busca pelo equilíbrio.

Palavras chaves: árvores, bovinos, transmissividade, manejo, pastejo, solo

Abstract: The art of integrating the various components of agricultural production is marked by high need for specific knowledge about each component of response obtained separately and the interaction between them, as all are united in time and space. The success is based on a balance. When the need of growth factors of each component is supplied in sufficient time and quantity, the ecological balance is met and the overall efficiency of the system is achieved. We must recognize that each component has an individual efficiency, but when grown in a consortium, the individual efficiency can be reduced, but the overall efficiency of the system should be increased. Privileging one component over the other, can improve the efficiency of individual benefit, but certainly the individual efficiency of the other will be reduced and the overall efficiency maintained. Imbalance occurs when the overall efficiency is reduced due to erroneous decisions which affect all components at the same time. So that the balance is maintained, meet the needs and demands of each component, considering the needs and demands of the farmers are keys in the process. In this chapter, were elucidated and discussed, actions and interference in intercropping and decision-making based on scientific knowledge and current practice in the search for balance.

Keywords: trees, bovines, grazing, transmissivity, management, soil

Introdução

A agropecuária tradicional passa por grandes transformações e as novas práticas culturais têm como objetivo aumentar e diversificar a produção por meio da utilização sustentável dos recursos naturais, baseadas em conservação de solo e ambiente, maximizando o uso dos recursos e a produção agropecuária, trata-se da abordagem de intensificação sustentável (GARNETT et al., 2013). Neste aspecto, a estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta nas suas diferentes modalidades (ILP, IPF, ILF e ILPF) se torna cada vez mais importante pela dificuldade dos pecuaristas em investir na reforma de pastagens e pela complexidade que os agricultores encontram na recuperação do potencial produtivo das lavouras, principalmente em razão de problemas relacionados com a redução da matéria orgânica do solo e com a ocorrência de pragas. A ILPF foi planejada para explorar sinergismos e propriedades emergentes, frutos de interações entre os compartimentos solo-planta-animal-atmosfera de áreas que integram atividades de produção agrícola, pecuária e florestal (MORAES et al., 2012).

A diversidade e complexidade são propriedades inerentes aos sistemas ILPF e remetem aos primórdios da agricultura, não se tratando de nova tecnologia. Os atributos de sustentabilidade são únicos e se impõem na nova lógica de “intensificação sustentável” (GARNETT et al., 2013), exigida para o futuro da produção mundial de alimentos. O resultado, no âmbito de sistema, é maior que a soma das contribuições das tecnologias individuais, em que se depreende a aplicação do conceito de propriedades emergentes (ODUM, 1988). Enquanto, os diferentes componentes vegetais, árvores e culturas agrícolas, incorporam nutrientes e energia, e os animais funcionam como catalisadores ao introduzirem variabilidade e novas vias de fluxos de nutrientes e água, o solo é o compartimento que irá acolher, será o mediador e a “memória” da evolução dos processos sinérgicos envolvidos (ANGHINONI et al., 2013).

Integrar para produzir

O solo, em sistemas ILPF, é considerado o compartimento centralizador dos processos e aquele que captura as modificações do sistema de produção, que são, em última análise, determinadas pelo homem, quando define o manejo que impõe ao sistema. Deve-se considerar o sistema em sua totalidade, sem privilegiar um ou outro componente (agrícola, pecuário ou florestal), mas sim o seu somatório. Nessa abordagem, deve-se avaliar, além da capacidade produtiva do solo ao longo do tempo, a sua capacidade de fornecer nutrientes, água e oxigênio aos diferentes componentes do sistema. Ao definir o uso de insumos, máquinas agrícolas e o manejo dos componentes, o homem está interferindo, além do resultado econômico do empreendimento, nas características, nas propriedades e nos processos que ocorrem no solo (ANGHINONI et al., 2013).

Há reconhecimento pelo meio científico de que os sistemas ILPF, quando manejados de forma que a conservação e melhoria do solo seja otimizada, são eficientes na ciclagem de nutrientes e energia (ENTZ et al., 2005) e mais sustentáveis (RYSCHAWY et al., 2012) e resilientes (LEMAIRE et al., 2013), características essas associadas a sistemas que apresentam propriedades emergentes (ODUM, 1988). Portanto, a adoção da estratégia ILPF é uma forma

de produzir a mesma quantidade de produto, ou até aumentar a produção, sem a necessidade de incorporar novas áreas ao processo produtivo, particularidade esta que tem sido denominada de efeito “poupa-terra” (KLUTHCOUSKI et al., 2015).

Também, a inclusão de pastagens e árvores em áreas agrícolas ou a inclusão de árvores e culturas agrícolas em pastagens é ferramenta útil na recuperação de áreas degradadas, bem como, um meio para garantir a sustentabilidade do sistema de produção. As raízes das forrageiras e das árvores exploram camadas mais profundas em ambiente permanentemente protegido pela cobertura vegetal, evitando as perdas de nutrientes por lixiviação e de solo por escorrimento superficial (MACEDO et al., 2009; BEHLING, 2015).

Nos sistemas ILPF, a oferta de matéria orgânica do solo (MOS) é contínua, devido a presença das árvores e plantas forrageiras, além dos dejetos animais dispostos aleatoriamente na área, com significativas melhorias nos atributos químicos, físicos e microbiológicos e também no acúmulo de carbono na biomassa vegetal e no solo (BALBINO et al., 2011; LOSS et al., 2014).

Por exemplo, a modalidade ILP associada ao sistema plantio direto (SPD) possibilita alta entrada de resíduo vegetal pelo uso de culturas e forrageira (ANGHINONI et al., 2011; LOSS et al., 2011), o que permite suportar maior estoque de C-orgânico total especialmente na camada de 0-30 cm, e N na camada de 0-20 cm em relação à área sem pastagem no SPD (LOSS et al., 2012).

Na ILP associada ao SPD ocorre aporte diferenciado de resíduos vegetais em relação aos sistemas puros de produção de grãos, tanto na superfície quanto no perfil do solo pelas raízes (SOUZA et al., 2010). Desta forma, a intensidade de pastejo tem grande influência na quantidade e distribuição dos dejetos excretados pelos animais. Diante disso, se verifica que o aporte de C e N (total e na fração particulada), tanto em superfície quanto em profundidade, será influenciado pela lotação animal e, por este motivo, a altura de manejo do pasto passa a ser fator de grande importância na dinâmica dos nutrientes e da MOS.

O tempo é outro fator com efeito importante na avaliação de sistemas ILP, uma vez que o comportamento da MOS é distinto quando comparado à sistemas puramente de produção de grãos. Aumentos de até 3,47 Mg ha⁻¹ têm sido observados no estoque de C após três anos, representando incremento médio anual de 1,16 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, o que é considerado alto. Para o N, esse aumento no estoque chega a 345 kg ha⁻¹, representando incremento médio de 115 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (CORAZZA et al., 1999).

As taxas de acúmulo de C em diferentes sistemas de uso e manejo do solo, em um Latossolo Vermelho, por nove anos proporcionou valores intermediários no estoque de carbono orgânico quando comparado à lavoura contínua e pastagem (SALTON et al., 2011). Os maiores estoques de C estão relacionados com a presença de forrageiras, resultando na seguinte ordem decrescente de estoques de C no solo: pastagem permanente > ILP sob PD > lavoura em PD > lavoura em cultivo convencional (SALTON, 2005; SALTON et al., 2011, SALTON et al., 2014). A quantidade de carbono orgânico acumulada nos sistemas de ILP foi entre 0,60 – 0,43 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, inferior aos valores entre 1,35 – 1,03 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, encontrados por Carvalho et al. (2010), também em um Latossolo Vermelho com quatro anos de ILP.

Os estoques de C do solo, no Cerrado, no período de 2012–2014, aumentou 9,51 Mg ha⁻¹ no sistema ILP e 6,72 Mg ha⁻¹ no sistema ILPF. O estoque de C do solo no Cerrado nativo foi de 199 Mg ha⁻¹. Após o quinto ano com a agricultura em ambos os sistemas, apesar de a área experimental ter sido anteriormente ocupada por pastagens de baixa produtividade, o estoque de C foi menor do que o estado originário do Cerrado (PULROLNIK et al., 2015). Em outro estudo realizado por Macedo et al. (2015), em um período de 6 anos, o solo sob ILP também mostrou maiores valores de teor total de C quando comparado com os sistemas de ILPF. Segundo os autores, o sistema de ILP (integração sem árvores) tinha menor concorrência por luz, água e nutrientes, e proporcionou maior fonte de material orgânico para elevar o carbono do solo do que a pastagem combinada com árvores no sistema de ILPF.

Embora, é importante ressaltar que a quantidade de carbono acumulado na ILPF irá depender das espécies utilizadas, condições edafo-climáticas e tempo de adoção do sistema (CARVALHO et al., 2010). De acordo com Marchão et al. (2009), a maior taxa de acúmulo de carbono em sistemas de ILP acontece nos primeiros anos de implantação, sendo diminuída posteriormente, o que segundo CONCEIÇÃO et al. (2013) se deve a capacidade específica de armazenamento de carbono que cada solo possui.

Assim como os sistemas de ILP, os sistemas de ILPF também podem ser eficientes em aumentar a quantidade de carbono do solo (THANGATA; HILDEBRAND, 2012). Kumar et al. (2010) conduziram um estudo para comparar a densidade radicular e o estoque de carbono em um sistema IPF e pastagem, ambos com sete anos de implantação em Missouri, EUA. Os autores concluíram que o sistema IPF apresentou maior estoque de carbono o que foi creditado à maior densidade radicular.

Além de contribuir para aumentar o estoque de C do solo, no sistema ILPF, o componente arbóreo atua na diminuição da energia cinética da chuva, reduz o escoamento da água, favorece a infiltração no solo (ambiente favorável capaz de fechar o ciclo solo-água-planta) e a recarga do lençol freático. A água armazenada no solo será usada pelas culturas e também irá alimentar o manancial que abastece os rios na seca, garantindo uma vazão mais constante (BEHLING, 2015; RIEGER et al., 2016).

No primeiro ano de monitoramento do volume de perda de solo e o escoamento da água da chuva realizado em um experimento de ILPF conduzido em Sinop-MT, em um Latossolo Vermelho-Amarelo, onde foram comparados o solo descoberto, lavoura (sucessão soja e milho com braquiária), integração lavoura-floresta, pastagem, silvicultura (eucalipto) e mata nativa, o volume de água escoado foi menor no sistema de ILF quando comparado a área apenas com lavoura. Enquanto na sucessão de soja na safra e milho com braquiária na safrinha, o escoamento foi de 2,4% do total precipitado, no sistema silviagrícola, esse número foi de apenas 1,7% (RIEGER et al., 2016). Em um local onde chove cerca de 2.000 mm ano⁻¹, isso representa 14 litros de água a mais infiltrados a cada metro quadrado e 140 mil litros de água a mais disponíveis no solo por hectare (BEHLING, 2015).

Na utilização da estratégia de ILPF a manutenção da cobertura do solo é constante devido a deposição de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, e a presença de espécies arbóreas pode aumentar a eficiência no uso de nutrientes em relação aos monocultivos, pela complementaridade na adsorção desses nutrientes em diferentes camadas do solo, reduzindo as perdas de nutrientes por lixiviação (SEYFRIED; RAO, 1991; GARRITY et al., 1994).

Na ILP, os benefícios físicos que as forrageiras, principalmente as gramíneas, podem proporcionar ao solo estão relacionadas às características do sistema radicular (MAIA et al., 2009), capaz de se desenvolver uniformemente ao longo do perfil do solo e atingir camadas profundas, até 1 m, como relatado por Santos et al. (2007) para *Urochloa brizantha* em Latossolo Vermelho, e também às exsudações radiculares ricas em polissacarídeos que auxiliam no processo de agregação (SALTON et al., 2008). Já o componente arbóreo no sistema de produção pode influenciar a quantidade e a disponibilidade dos nutrientes na zona de absorção radicular das culturas que estão em consórcio. Devido ao sistema radicular das árvores, ser mais profundo, entre 3 a 10 m de profundidade, este consegue interceptar os nutrientes localizados em camadas do solo pouco acessíveis às raízes das culturas agrícolas ou forrageiras e os disponibiliza na superfície do solo (MAURICE et al., 2010; LACLAU et al., 2013; PINHEIRO et al., 2016).

As árvores também contribuem para aumentar a eficiência de utilização de nutrientes do sistema ILPF através da intensificação da ciclagem biogeoquímica. Enquanto a soja produz em média 133 kg de carbono para cada kg de fósforo (P) aplicado no solo, na teca (*Tectona grandis*) duas toneladas de C são alocados na biomassa para cada kg de P, já o eucalipto produz 11,6 toneladas de C para cada Kg de P aplicado ao solo (BEHLING, 2015). No geral, as árvores têm menor demanda absoluta ou relativa de nutrientes do que as culturas agrícolas e se manejadas adequadamente possibilitam uma maior eficiência de utilização das fontes de nutrientes utilizadas na adubação das culturas intercalares.

Há uma alteração quanto a dinâmica de microrganismos no solo. A integração de culturas, pecuária e árvores promove uma dominância de fungos em solos de baixa fertilidade e baixo pH. A disponibilidade de P e a composição de cátions trocáveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+}) são as propriedades do solo fortemente correlacionadas com as variáveis microbiológicas individuais e são afetadas pelo uso do solo e forma de amostragem dentro do ILPF (LISBOA et al., 2014).

O não declínio da produtividade das culturas anuais, após o pastejo em sistemas de ILPF, não se deve a capacidade das culturas em se desenvolver em solos compactados, mas sim a uma melhoria global dos solos em sistemas de ILPF que se estendem desde aspectos biológicos até o aumento da disponibilidade de nitrogênio (COLLARES et al., 2011; SOUZA et al., 2010).

A ciclagem e o balanço de potássio em sistema ILP (soja/bovinos de corte) foram estudados por Ferreira et al. (2011), pela determinação das quantidades de K adicionadas e acumuladas nos diferentes compartimentos (soja, aveia preta mais azevém e bovinos de corte) e exportadas em um ciclo soja/pastejo (2006/07). As quantidades cicladas de K foram elevadas e aumentaram com a intensidade de pastejo, de 161, no tratamento sem pastejo a 284 kg ha⁻¹, no pastejo intensivo, sendo, superiores às necessidades das respectivas culturas. Embora tenha ocorrido uma diminuição do nutriente no resíduo da pastagem (de 57 para 11 kg ha⁻¹) com o aumento da intensidade de pastejo, mesmo assim houve aumento, no total ciclado, com a intensidade de pastejo, pelo aumento da quantidade de pasto que passou pelo trato digestivo dos animais, de 36, no pastejo leve, para 164 kg ha⁻¹, no pastejo intensivo. Como a quantidade adicionada de potássio foi a mesma (49,8 kg ha⁻¹) e a quantidade exportada pela carne mais grãos de soja variou pouco (40 no pastejo intenso a 51 kg ha⁻¹ no pastejo moderado), as diferenças no somatório desse nutriente nos compartimentos se devem à sua ciclagem (reaproveitamento - recirculação) ou à absorção diferenciada do solo.

Ferreira et al. (2011) afirmaram que é possível que as adubações potássicas atualmente praticadas em sistemas ILPF, venham sendo feitas em excesso, uma vez que se desconsidera a quantidade de retorno de K via resíduos de palhada na superfície, das raízes no perfil do solo e dos resíduos animais. É importante salientar que nos sistemas de produção agropecuária em plantio direto, embora parte do K seja exportado da lavoura via grãos, grande parte retorna ao solo via resíduo para a cultura subsequente, com balanço positivo desse nutriente resultando em aumentos em sua concentração no solo.

Santos et al. (2014) avaliando a liberação de macronutrientes da palhada de milho mais *Brachiaria ruziziensis*, sob sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), no Cerrado Baiano verificaram que a matéria seca total inicial foi de aproximadamente 6,6 Mg ha⁻¹, com meia-vida de 115 dias. Já a liberação de nutrientes desse volume de palhada, com o respectivo percentual em relação à quantidade total de nutrientes acumulada na planta, até o final das avaliações foi de 29,3 (62%); 7,8 (80%); 42,2 (94%); 48,6 (74%); 17,0 (81%); e 7,7 (79%) kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Segundo os autores, as quantidades de nutrientes liberadas até os 110 dias, período de certa coincidência com o florescimento da cultura sucessora principal, pelos três principais macronutrientes (N, P e K) em quantidade de adubos, ter-se-ia uma economia de R\$ 243,00 ha⁻¹. Esse valor é de grande impacto econômico, considerando-se que na fazenda onde foi realizado o experimento, cultivam-se cerca de 15.000 ha; logo, haveria uma economia total em fertilizantes estimada de R\$ 3.650.700,00 (SANTOS et al., 2014).

Veloso et al. (2014), estudando os teores de P no solo após 5 anos de implantação de um sistema ILPF, em um Latossolo Amarelo textura argilosa, com utilização de espécies como *Shizolobium azonicum* e *Khaya ivorensis*, em profundidade até 40 cm, houve redução no teor de fósforo, porém após a implantação do sistema, superficialmente o teor de P foi maior. Ressalta-se ainda, que a redução dos teores de P disponível em profundidade também pode ser influenciada pela menor mobilidade relativa do P e aumento do teor de argila (SILVA et al., 2011).

Diel et al. (2014), estudando a distribuição vertical e horizontal do fósforo no sistema ILPF em área de transição Cerrado/Amazônia, não encontrou diferença significativa entre as distâncias estudadas entre os renques das espécies florestais, visto que provavelmente em apenas dois anos de implantação do sistema os processos de ciclagem biogeoquímica de fósforo ainda não tiveram intensidade suficiente para que afetasse a disponibilidade de fósforo. O mesmo foi observado por Ferreira et al. (2014) estudando os atributos químicos do solo sob diferentes sistemas de

produção, sendo o ILPF comparado com lavoura, pasto convencional e mata nativa, no qual foi verificado que árvores com dois anos de implantação não teve diferença significativa entre os diferentes tratamentos em relação ao P.

Já o estudo realizado em um sistema ILPF no norte do estado do Mato Grosso, em um Latossolo Vermelho Amarelo, avaliou a distribuição horizontal de P no terceiro ano após a implantação do sistema, e observou menores teores de P sob a copa das espécies florestais (eucalipto, teca, pau-de-balsa e paricá), enquanto os maiores valores de P foram encontrados a 10 m, 6 m e 3 m das árvores (LANGE et al., 2013).

Paciullo e Castro (2009) observaram aumentos nos teores de cálcio, magnésio, fósforo e potássio em amostras de solo coletadas sob as copas de árvores leguminosas em relação àquelas coletadas em áreas de pastagem sem árvores. Por outro lado, Alfaia et al. (2004) estudando sistemas agroflorestais encontraram no solo maiores teores de cálcio e magnésio, níveis semelhantes de carbono, e teores menores de fósforo e potássio, quando comparadas a florestas adjacentes. Sendo que os menores teores de P e K são atribuídos à intensa retirada de produtos agroflorestais destes sistemas.

Apesar da extração de nutrientes, a introdução do componente florestal em sistemas agrossilvipastoris pode contribuir para o incremento e diversificação da renda dos produtores pela comercialização ou o uso do produto florestal na propriedade. A integração das árvores com os cultivos agrícolas e a pecuária traz uma complementação de benefícios, já que a lavoura e a pecuária cobrem o fluxo de caixa negativo que ocorre durante o período de maturação do investimento florestal e as árvores, por sua vez, incorporam benefícios ambientais importantes e diversificam a renda na propriedade rural (SANTOS et al., 2010).

Além da renda direta propiciada pelos produtos florestais madeireiros e não madeireiros (toras, tabuas, cavacos, folhas, frutos, resinas, etc...), as árvores podem proporcionar serviços ambientais importantes como: a fixação de nitrogênio atmosférico; sequestro de carbono; controle de poeira em suspensão; melhoria das condições climáticas e dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo; aumento da ciclagem de nutrientes; melhoria do valor nutritivo do pasto; conservação da água; controle de erosão e proteção contra geadas, ventos, granizo, tempestades e altas temperaturas. Uma pastagem adequadamente arborizada é capaz de contribuir para menor emissão de óxido nitroso (N₂O) e para a mitigação da emissão de gás metano pelos ruminantes (PAIVA; VITAL, 2008; PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2010; BALBINO et al., 2012).

A escolha da espécie florestal é fator determinante para o sucesso da ILPF. Para Andrade et al. (2012), as maiores dúvidas em relação a escolha da espécie florestal para uso em sistemas de integração são relacionadas a escolha da espécie e sua origem (nativa ou exótica), arranjo espacial das árvores, adaptação e adequação das espécies e tratos culturais e de proteção das mudas.

A escolha da espécie florestal é definida por uma série de fatores que vão da finalidade do uso da madeira a tolerância de convívio com animais.

São vários os produtos florestais que podem ser oferecidos ao mercado (carvão, lenha, escoras para construção civil, toras para serraria ou laminação, maravalha para cama de animais, etc.) e é fundamental ter informações sobre o mercado da madeira, o tamanho da demanda, as exigências de padrões de qualidade e de quantidades e o preço a ser pago para cada tipo de produto. Definir o tipo de produto florestal que será mais valorizado pelo mercado a 10 ou 20 anos no futuro não é uma tarefa simples, sendo conveniente consultar as indústrias de base florestal da região e os diagnósticos elaborados por órgãos governamentais e instituições de pesquisa. A escolha do componente florestal deve priorizar espécies para múltiplos usos, que podem permitir a entrada de várias receitas durante o seu ciclo produtivo (WOOD; BURLEY, 1995).

A adaptabilidade das espécies refere-se à sua capacidade de sobreviver e produzir na região de cultivo, relacionada à tolerância a secas, geadas e ao encharcamento do solo. Os fatores climáticos que afetam o desenvolvimento das árvores são a temperatura, a umidade relativa do ar, a precipitação média anual e a luz. Como regra geral, espécies adaptadas a climas quentes ou frios e ambientes úmidos raramente se adaptam a condições opostas (PAIVA; VITAL, 2008).

A qualidade do solo afeta a velocidade do crescimento, a longevidade, a forma do tronco e da copa e a qualidade da madeira. A capacidade de retenção de água pelo solo é um dos fatores de maior importância, pois regula a absorção de nutrientes. Espécies com raízes superficiais são mais sensíveis à seca que as de raízes profundas e, em geral, coníferas não toleram solos alcalinos e folhosas desenvolvem-se bem tanto em solos ácidos quanto em alcalinos (PAIVA; VITAL, 2008).

Dentre as várias espécies florestais, deve-se dar preferência àquelas com silvicultura conhecida e domínio tecnológico como: o conhecimento sobre tecnologia da semente; métodos de produção de mudas; indicativos do melhor espaçamento de plantio, fertilização e periodicidade de aplicação de desramas, desbastes e corte final. A disponibilidade de sementes melhoradas ou clones de alta produtividade deve ser verificada.

Optar por árvores de rápido crescimento também implica em obter os benefícios de sua presença no sistema em um menor período de tempo. As árvores de rápido crescimento aumentam a expectativa de sucesso econômico da ILPF, pois respondem melhor às expectativas de retorno econômico e diminuem o risco de perdas de árvores por danos causados pelos animais. Quanto mais alta for a taxa de crescimento, mais cedo os animais podem ser introduzidos no sistema.

Para a ILPF, as árvores devem apresentar, preferencialmente, crescimento monopodial, fustes altos e copa pouco densa, de modo a possibilitar maior passagem de luz, permitindo o bom desenvolvimento dos cultivos e da pastagem embaixo de sua copa. Espécies com raízes pivotantes profundas são as mais indicadas por diminuir competição por umidade e nutrientes com os outros componentes do sistema.

Outras características desejáveis são a capacidade de enriquecer o ecossistema com nitrogênio (leguminosas arbóreas); possuir folhagem rica em nutrientes com ausência de efeitos tóxicos para os animais e efeitos alelopáticos sobre as forrageiras; boa capacidade de rebrota e resistência às desramas sucessivas; ser perenifólia e ter a capacidade

de produzir alimento que possa ser consumido pelos animais, porém não produzir frutos grandes (mais de 5 cm de diâmetro) que possam causar obstrução do esôfago e a ausência de caráter invasor (WOOD; BURLEY, 1995; SALMAN et al., 2015).

O estabelecimento das árvores constitui-se em uma fase crítica e os danos causados pelos animais neste período, podem comprometer o sucesso do sistema que depende da adaptabilidade da forrageira para com o ambiente sombreado, do estabelecimento adequado das árvores e da compatibilidade do tipo e da categoria animal para com as árvores e com a forrageira (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2012).

Porfirio-da-Silva et al. (2012), ao revisarem estudos sobre o tema, afirmaram que em geral, ovinos e caprinos são mais propensos a comer ramos, folhas e cascas de árvores, enquanto que os bovinos quebram ramos, galhos e troncos de árvores jovens que ainda não suportam a carga do corpo do animal.

Os danos causados por animais às árvores não têm causa definida e são, geralmente, associados à nutrição animal, deficiência de minerais e fibras e estresse (MEDRADO et al., 2009; PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2012). O dano que causa maior prejuízo é a quebra do tronco que pode acontecer em árvores cujos troncos ainda não tenham resistência mecânica capaz de suportar a força que os animais empregam para coçar seus corpos, em manifestação natural de defesa contra ectoparasitas ou de busca por conforto físico (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2012). Em geral, quando as árvores atingem entre 6 cm a 8 cm de diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) este tipo de dano é minimizado (GUERREIRO et al., 2015).

A remoção da casca pode aumentar a chance de mortalidade, pois a árvore perde parte importante de suas defesas contra doenças e ataque de insetos. A exposição do lenho favorece o ataque de fungos e insetos xilófagos que podem promover o apodrecimento e provocar a quebra do tronco. A acumulação de fotoassimilados, como o amido, acima da região onde a casca foi mastigada (roída) pode aumentar as chances de a árvore ser novamente procurada pelos animais, resultando em danos crescentes e mortalidade. Outros aspectos negativos é a possibilidade de rebrota de galhos abaixo da região danificada e a redução do valor da madeira.

Segundo Medrado et al. (2008), para uma melhor compreensão das causas do ataque dos animais às árvores, devem ser coletadas informações sobre solo (química e física), plantas (forragem e árvores) e animais (alimentação, qualidade da forragem, sal mineral, micronutrientes, fósforo e lotação). Para Porfirio-da-Silva et al. (2012), além das características intrínsecas à própria espécie florestal como a qualidade nutricional da folhagem e da casca, características como o diâmetro do tronco e a altura da inserção de copa proporcionada pela desrama, podem determinar a incidência e a intensidade de danos que serão causados pelos animais. Estudos sobre as características nutricionais e, ou, funcionais da casca, folhas e ramos de espécies arbóreas devem ser conduzidos para que seja possível referendar a escolha de determinada espécie para um sistema silvopastoril.

Não há relatos na literatura sobre a existência de preferência animal por algum tipo específico de árvore, entretanto a diversificação pode trazer benefícios de seleção, além das demais vantagens para o sistema como um todo.

Para Butterfield (1995), a exploração da flora nativa em reflorestamentos deveria ser implementada, pois aumentaria a diversidade de espécies utilizadas, reduzindo riscos biológicos e econômicos. Segundo Montagnini e Jordan (2005), o plantio com espécies nativas pode ser mais apropriado devido às espécies estarem mais adaptadas a condições ambientais locais, as sementes ou outros propágulos estarem localmente disponíveis e os produtores estarem familiarizados com o seu uso.

Outro argumento em favor de uma maior utilização de espécies nativas é o de que o reflorestamento de áreas degradadas somente com a utilização de espécies exóticas não promove a reposição da madeira de alto valor comercial oriunda de florestas nativas, e pode resultar em uma simplificação biológica e de uso do solo (ERSKINE et al., 2005).

No entanto, embora o uso de espécies nativas preserve a diversidade genética e sirva como habitat a fauna local, existem algumas desvantagens no seu emprego. Montagnini e Jordan (2005) destacaram como desvantagens, as incertezas em relação às taxas de crescimento e adaptação das espécies; as condições de solo fora de sua região de origem; a falta de informações silviculturais; a grande variabilidade de desempenho; a dificuldade de obtenção de sementes melhoradas geneticamente e com certificado de origem e o alto risco de incidência de pragas e doenças.

Como consequência destas desvantagens, as espécies introduzidas ou exóticas são frequentemente preferidas para plantios florestais em ILPF.

Segundo dados obtidos no site ILPF da Embrapa Gado de Leite em 2013 (199 registros de Unidades de Referência Tecnológica no Brasil), as espécies mais plantadas fazem parte do gênero *Eucalyptus* com 40,7% dos plantios, seguidos pela Gliricídia (*Gliricidia sepium*) com 7,1%, teca (*Tectona grandis*) com 4,4%, mogno (*Swietenia macrophylla*) com 3,5%, mogno africano (*Kaya* sp.) com 3,5% e o paricá (*Schizolobium amazonicum*) também com 3,5%.

A maior adoção do eucalipto neste tipo de sistema ocorre devido ao grande número de genótipos/fenótipos disponíveis que permite a seleção de indivíduos com características desejáveis para atender aos objetivos de produção e/ou de conservação ambiental; a adaptação às condições climáticas brasileiras; multiplicidade de usos em produtos madeireiros e não madeireiros; rápido crescimento; elevada produtividade e o domínio tecnológico, já que é a espécie florestal mais estudada no Brasil (MACEDO et al., 2010; CEZANA et al., 2012).

Entre as espécies de eucalipto utilizadas em ILPF destacam-se o híbrido *Eucalyptus urograndis* (38%); o *Eucalyptus camaldulensis* (18%); o *Eucalyptus dunnii* (18%) e as demais somam menos de 10% cada.

Em Mato Grosso, a Embrapa desenvolve atividades de transferência de tecnologia e pesquisa em onze Unidades de Referência Tecnológica onde são testadas espécies florestais nativas e exóticas em diferentes consórcios e arranjos de plantio. As espécies florestais plantadas são: o eucalipto (clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus camaldulensis*), teca (*Tectona grandis*), mogno-africano (*Khaya* sp.), acácia (*Acacia mangium*), nim (*Azadirachta indica*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), pau-de-balsa

(*Ochroma pyramidale*), tatajuba (*Bagassa guianensis*), seringueira (*Hevea* sp.), jatobá (*Hymenaea courbaril*), pequi (*Caryocar brasiliense*), baru (*Dipterix alata*) e mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla*).

Independente da espécie ou origem, para as plantas do extrato inferior, a quantidade de luz disponível é o fator mais determinante para o crescimento e a produção das forrageiras e dos cultivos agrícolas na ILPF e está condicionada ao manejo de quatro variáveis (ANDRADE et al., 2001; VARELLA et al., 2008): espaçamento; densidade e diâmetro de copa; desbastes e desramas e tolerância da forrageira ao sombreamento.

A importância da entrada de luz em um sistema de integração pode levar a algumas adaptações nos tratamentos silviculturais que foram desenvolvidos para o manejo de plantios florestais em monocultivos. Na ILPF, estes tratamentos devem visar à maximização da produtividade e rentabilidade do sistema de integração e não apenas a florestal.

A diferença entre um plantio florestal em monocultivo e em sistema integrado é a densidade das árvores por unidade de área e a sua distribuição espacial. Em sistemas integrados, o número de árvores por hectare é reduzido e o seu arranjo espacial definido de forma a não afetar as práticas agrícolas e promover melhores condições climáticas para os animais (FERREIRA et al., 2014).

Segundo Porfírio-da-Silva et al. (2008), o arranjo espacial é fundamental para definição de um sistema integrado. A definição do melhor arranjo espacial irá depender diretamente dos objetivos de produção. O princípio básico é o de que a disposição de plantio mais indicada não deve impactar negativamente nos outros componentes do sistema. O mais comum é a adoção de aleias onde as árvores são plantadas em faixas ou renques, com linhas de árvores simples ou múltiplas (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2008).

Segundo Andrade et al. (2012), os diversos estudos que avaliaram a tolerância ao sombreamento das principais gramíneas e leguminosas forrageiras utilizadas na pecuária brasileira observaram que o desenvolvimento é pouco afetado quando o nível de sombreamento é mantido na faixa entre 30% a 40%. Em função disso, a densidade de árvores deve ser planejada para que a cobertura não ultrapasse 40% a 50% da área de pastagem, dependendo da arquitetura da copa da espécie florestal.

Em Sistemas de ILPF, que priorizam a produção madeireira ou o sombreamento para os animais, é possível reduzir as distâncias entre os renques ou aumentar o número de árvores nas linhas. Se o objetivo principal for a produção de grãos e carne, deve-se adotar maiores distâncias entre os renques e um menor número de linhas de árvores (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2008; FERREIRA et al., 2014). Nestes sistemas não são recomendadas distâncias inferiores a 14 m entre renques (FERREIRA et al., 2014).

Segundo Porfírio-da-Silva et al. (2010), se o interesse for produzir madeira grossa para serraria ou laminação será necessário conduzir as árvores em espaçamentos maiores. Para a finalidade de produzir madeira para lenha, carvão ou palanques de cerca, pode-se utilizar de espaçamentos menores entre árvores, mantendo um maior número de árvores e produzindo maior volume de madeira por unidade de área. É possível também, produzir madeira fina e madeira grossa por meio de plantios menos espaçados utilizando desbastes, colhendo a madeira fina e, conduzindo as árvores remanescentes por mais tempo para a produção de madeira serrada e laminados.

De acordo com Evans e Turnbull (2010), a principal razão para se aplicar desbastes é reduzir o número de árvores, melhorando as condições fitossanitárias, a qualidade do plantio e agregação de valor, além de aumentar o retorno financeiro. A abertura de espaço para o desenvolvimento da copa e das raízes promove o incremento diamétrico do tronco para alcançar uma determinada dimensão comercial em um período de tempo mais curto. A remoção de árvores mortas, doentes, que possam ser fonte de contaminação ou que causem prejuízos as remanescentes em bom estado fitossanitário reduzindo a competição entre árvores e evitando o estresse que pode facilitar a incidência de pragas e doenças. Além de remover árvores com má formação do tronco, de forma a concentrar o incremento futuro somente nas melhores árvores, favorecer as mais vigorosas e com boa forma que deverão permanecer até o corte final e propiciar retorno financeiro intermediário pela venda da madeira oriunda dos desbastes.

O momento do desbaste, a intensidade e o método são preponderantes para a eficiência do processo. O primeiro desbaste pode ser considerado o mais importante tratamento silvicultural aplicado durante a rotação de uma determinada espécie florestal, pois define o curso e a flexibilidade das operações subsequentes e os sortimentos florestais futuros (EVANS e TURNBULL, 2010) e pode ser determinante no sucesso do consórcio na ILPF. Em monocultivos, o primeiro desbaste é frequentemente realizado dois a quatro anos após o fechamento do dossel (EVANS e TURNBULL, 2010) e sob a ótica da silvicultura, a idade ideal para desbastar pode ser definida pela análise da proporção de copa viva. Por este critério, os desbastes devem ser realizados antes que as copas das árvores tornem-se muito pequenas em relação à sua altura. Para copas mais folhosas, em geral, esse desbaste deve ser feito antes que a proporção de copa viva se reduza de 30 a 40% (EVANS e TURNBULL, 2010).

A taxa de crescimento diamétrico é um dos melhores e mais simples critérios para determinar quando os desbastes devem ser executados. Porém, deve ser estabelecida uma taxa realística como meta e desbastar sempre que o crescimento diamétrico cair para valores abaixo da meta (SMITH et al., 1997). Esta meta pode ser definida em função de uma proporção do incremento diamétrico máximo que ocorre normalmente até os três anos após o plantio. A idade de realização do primeiro desbaste por este critério deve estar próxima aos 44 meses de idade. O incremento meta foi definido em 70% do máximo obtido aos 20 meses de idade.

Porém, deve-se levar em consideração não apenas o incremento e a produtividade florestal, mas também o efeito do sombreamento das árvores sobre a produtividade agrícola e da pecuária, desbastando sempre que houver uma grande redução na produtividade dos demais componentes. Se o objetivo principal for a produção de grãos ou a pecuária, o manejador florestal deve determinar o estoque volumétrico que pode ser mantido de forma a não interferir severamente na produtividade agrícola e pecuária.

Os desbastes podem ser realizados de forma seletiva, sistemática ou mista. Em monocultivos, desbastes sistemáticos são preferencialmente realizados em plantios jovens onde ainda não houve uma diferenciação das árvores

em termos de classe de copa (SMITH et al., 1997). Neste tipo de desbaste, as árvores são removidas sem seleção, de forma mecânica, como por exemplo, a remoção de uma ou duas linhas de árvores nos renques, deixando-se apenas a linha central. Na ILPF, esta prática pode ser recomendada quando o arranjo espacial estiver inadequado reduzindo severamente a produção agropecuária; quando for necessário ajustar o espaçamento para as dimensões de um equipamento não previsto no planejamento de plantio; ou quando se optar pela estratégia de produzir madeira para serraria apenas nas linhas centrais em uma idade de corte final mais avançada que as linhas laterais.

A principal desvantagem deste método é a retirada de árvores com características superiores que poderiam agregar maior valor ao plantio florestal no futuro. Por outro lado, pode aumentar a dimensão das árvores desbastadas nos primeiros desbastes, o que pode ser positivo se houver aumento da receita ou diminuição de custos nesta operação.

Os desbastes seletivos priorizam a remoção de árvores a partir de critérios previamente estabelecidos. A seleção das árvores para o desbaste é feita normalmente utilizando-se os critérios de estado fitossanitário; dimensão e qualidade do fuste e posição e forma da copa.

Na maioria dos casos, os desbastes seletivos são realizados por baixo com a remoção das árvores mais finas, mortas ou em mau estado fitossanitário, com má formação de copa e em posições inferiores no dossel. A qualidade do fuste é um critério importante se o objetivo for produzir madeira serrada, devendo-se eliminar do plantio árvores com tortuosidade acentuada, bifurcações baixas, galhos grossos, doentes ou com grandes danos causados por animais ou outro agente qualquer. O número e o peso dos desbastes devem ser definidos com base em cenários com informações de crescimento e produção, sortimentos florestais e custos e preços de mercado.

De forma geral, plantios em espaçamentos menores necessitam de desbastes precoces na comparação com os que adotam espaçamentos mais amplos. Os primeiros desbastes produzem madeira fina, o que pode representar um custo adicional ao sistema caso não exista mercado nem a utilização desta madeira na propriedade. Plantios em espaçamentos maiores produzem toras de maior diâmetro no primeiro desbaste que poderão ser realizados mais tardiamente (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2008).

A desrama consiste na remoção de ramos e galhos das árvores. Deve ser realizada, preferencialmente, com os galhos ainda verdes de forma a evitar a formação de nós mortos, soltadiços, que depreciam a qualidade da madeira.

Na ILPF, a desrama favorece a movimentação dos animais; facilita as atividades de colheita e implantação das culturas agrícolas; permite maior disponibilidade de radiação nas entre linhas do componente arbóreo contribuindo para a manutenção ou o aumento da produtividade dos demais componentes do sistema (FONTAN, 2007), e reduz a quebra dos galhos pelos animais que pode causar injúrias e entrada de patógenos (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2012). Um programa de desrama deve ser estabelecido previamente contendo o(s) momento(s) de execução (ões) (idade das árvores), a intensidade (altura de poda) e o número de árvores a desramar em cada execução.

Para sistemas de integração, o momento desta intervenção pode ser antecipado, uma vez que árvores crescendo em espaçamentos amplos produzem copas mais densas, com maior quantidade de galhos grossos, havendo a necessidade de sua remoção mais cedo, se o objetivo for reduzir o núcleo nodoso e produzir maior proporção de madeira livre de nós e/ou propiciar maior entrada de luz no sistema (LIMA, 2003).

O início da mortalidade dos galhos indica a necessidade de realização da desrama. Em sistemas de ILPF, as desramas devem ser precoces podendo ser executadas com menos de um ano de idade para plantios de Eucalipto se o objetivo for desramar apenas galhos vivos (TONINI et al., 2016). Porém, deve-se evitar a realização das desramas antes das árvores atingirem 6 cm de diâmetro ao DAP de forma a não atrasar o crescimento e a entrada dos animais (PORFIRIO-DA-SILVA et al., 2010). Outra vantagem de desramar cedo é a remoção de galhos com diâmetros reduzidos o que diminui o esforço e o tempo para a cicatrização dos ferimentos.

Diferenças no índice de área foliar e na arquitetura da copa entre espécies e materiais genéticos têm grande importância prática e devem ser considerados na aplicação das desramas, pois uma mesma altura de desrama pode não significar a mesma intensidade de remoção de área foliar na copa. Como diretiz West (2006), ao revisar diversos ensaios de desrama afirmou que para a maioria das folhosas, a remoção entre 40 e 50% das folhas nas partes mais baixas da copa não implica em reduções de crescimento.

O número de árvores a desramar depende da densidade de plantio, do regime de desbastes; do número de árvores esperadas no corte final, da qualidade das árvores e dos riscos como vento, fogo, pragas, etc. (SEITZ, 1995). Em monocultivos florestais com baixa densidade (em torno de 1000 árvores ha⁻¹) recomenda-se a execução da primeira desrama em todas as árvores até uma altura de 2,5- 3,0 m. Em maiores densidades, recomenda-se a execução antes do primeiro desbaste apenas nas árvores remanescentes que não serão removidas nos desbastes. As desramas subsequentes são executadas apenas em árvores com potencial para serem conduzidas até o corte final, como forma de reduzir custos e agregar maior valor a madeira.

Em sistemas de ILPF é necessária a realização da desrama em todas as árvores antes da introdução dos animais (FERREIRA, 2014). O vigor com que os galhos se desenvolvem nas linhas laterais (de borda) e o sombreamento que reduz a produtividade dos demais componentes na região próxima aos renques sugerem que seja adotada a prática em todas as árvores em mais de uma ocasião como forma de melhorar a luminosidade no sistema de ILPF. Segundo SEITZ (1995), a qualidade da desrama é definida por cortes corretamente posicionados e executados. Os defeitos mais comuns nos cortes são: remoção excessiva da copa; lesão do colar, causado por cortes não tangenciais devido ao incorreto posicionamento do operador, permitindo a entrada de fungos na madeira ou formação de bolsas de resina; tocos residuais (cabides), quando o corte é feito muito afastado do tronco. Erros podem ser evitados com a utilização de ferramentas adequadas, treinamento de pessoal e monitoramento.

Uma vez que os galhos das árvores estejam manejados com a desrama e plantas não produtivas foram eliminadas com o desbaste, há uma conseqüente melhoria do ambiente luminoso para as culturas intercalares.

A radiação solar no interior da comunidade vegetal é o primeiro elemento meteorológico a ser modificado com a introdução das árvores no sistema (BRENNER, 1996), as quais alteram o balanço de energia e o comportamento dos

ventos, influenciando no uso de água pelas plantas e na produção destas, e protegem os animais do calor e frio intensos. Na medida em que ocorrem alterações no microclima, como atenuação da radiação solar incidente e diminuição da temperatura, os cultivos consorciados com espécies florestais parecem promover menores perdas de água pela transpiração excessiva, melhorando a economia hídrica.

A transmissividade da RFA dentro do sistema integrados apresentou variações da ordem de 18 a 88% e de 17 a 87%, respectivamente, em sistemas com café conilon cultivado a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia (PEZZOPANE et al., 2010). A transmissividade média da RFA permitida pelas árvores de macadâmia variou de 65 a 59% durante as duas épocas de amostragem. Com relação à velocidade do vento, ocorreu uma redução média de 72% em sua incidência no cultivo arborizado. As diferenças na transmissividade de radiação e na incidência de ventos proporcionaram diferentes regimes de temperatura do ar e umidade relativa do ar, com maior efeito sobre os valores diurnos e no ponto de amostragem próximo ao renque de macadâmias, em que a média da temperatura máxima do ar foi até 2,2°C inferior ao cultivo a pleno sol.

De acordo com Siles et al. (2010), a temperatura máxima das folhas de café sombreado foi reduzida em até 5°C em relação à temperatura das folhas de café em monocultivo. A temperatura mínima do ar durante a noite foi 0,5°C mais alta no SAF em relação ao monocultivo, demonstrando o efeito tampão das árvores sombreadoras. A produção de café foi bastante semelhante em ambos os sistemas durante o estabelecimento das árvores sombreadoras, mas foi observada uma diminuição de rendimento de 30% no SAF em comparação com o monocultivo, com uma diminuição da transmissividade da radiação para menos de 40% durante os últimos anos devido à ausência de uma poda adequada das árvores sombreadoras. Como um resultado de elevada contribuição de árvores sombreadoras para biomassa em geral (60%), o acúmulo de biomassa aérea permanente no SAF foi o dobro da biomassa acumulada no monocultivo após 7 anos. Com isso, desde que haja uma poda adequada, as plantações sombreadas por *Inga densiflora* neste caso, pareceram ser mais vantajosas do que o monocultivo em condições ideais, especialmente considerando o fato de que o SAF oferece alta qualidade de café, diversificação da receita dos agricultores e benefícios ambientais.

De acordo com Souza et al. (2010), o sistema com árvores de 28 m entre renques foi o que promoveu as menores médias de temperatura do globo, velocidade do vento, ITGU, carga térmica radiante e índice de carga térmica em relação a espaçamentos menores (8 e 18 m). A velocidade do vento média nos sistemas com árvores de 8 m, 18 m e 28 m diminuiu, respectivamente, 20,7%, 50,0% e 48,0% em relação ao sistema sem sombra. Porém, essa redução não foi proporcional à altura e teve influência da porosidade dos renques e da altura das copas. Para a carga térmica radiante, a redução foi proporcional à altura das árvores, com 10,24%, 12,49% e 20,76%, respectivamente, para os sistemas com árvores de 8 m, 18 m e 28 m. O estresse térmico ambiente reduziu com a presença de árvores e o índice de carga térmica foi o que melhor representou esse efeito. Entretanto, essa redução no estresse térmico não foi proporcional à distância dos renques.

Segundo Tamang et al. (2010), o uso de quebra-ventos localizados perpendicularmente ao vento predominante pode aumentar a produção agrícola simplesmente por reduzir a velocidade do vento e modificar o microclima. Quebra-ventos de linhas simples de árvores podem reduzir a velocidade do vento e modificar o microclima, aumentando a produção das culturas na Flórida.

No Brasil, renques de árvores nativas reduziram a velocidade do vento (redução de 46%) e alteraram o padrão de incidência da radiação solar fotossinteticamente ativa no pasto (até 40% de redução da incidência no ponto mais próximo às árvores). A ação combinada desses fatores promoveu alterações térmicas e de umidade relativa do ar no pasto nos diferentes pontos medidos. Em relação à umidade do solo, houve uma maior remoção de água nos pontos de amostragem próximos aos renques de árvores nativas no sistema silvipastoril, devido principalmente ao aumento da exploração pelas raízes das árvores em profundidades maiores nos períodos de seca ou estiagem precoce, quando comparados com os pontos médios entre os renques (PEZZOPANE et al., 2015).

As árvores reduziram a radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA) incidente sobre a soja e reduziram a taxa de assimilação líquida de CO₂ (TAL), o crescimento e a produtividade da soja. A umidade do solo a 20 cm de profundidade, perto das linhas de árvores (< 3 m), também foi reduzida (PENG et al., 2015).

Além do adequado arranjo espacial das árvores na área, as espécies agrícolas escolhidas devem ser bem adaptadas ao ecossistema da região onde será implantado o sistema, também devem ser bem sucedidas quando inseridas em conjunto com o componente arbóreo, apresentando boa adaptação aos níveis de luz encontrados abaixo do extrato arbóreo, como também ao solo (pH, fertilidade, textura, drenagem) e ao manejo (VIANA et al., 2010).

A escolha da espécie agrícola deve-se pautar também nas características da propriedade, ou seja, conforme a sua tradição de cultivo, nível tecnológico, assistência técnica, disponibilidade de maquinários e mão de obra, além da análise de mercado local, como exemplo, o escoamento de produção e o preço (CASTRO; PACIULLO, 2006; FREITAS et al., 2010).

Dentre as diversas culturas citadas, o milho (*Zea mays*), pelas variadas formas de uso na propriedade rural, quer seja ela na alimentação humana, ou na alimentação animal através silagem ou grão, ou ainda, como fonte de renda para amortização de custos, constitui em um dos cereais com maior aplicabilidade. Na formação de sistemas consorciados com florestas é uma cultura interessante, devido à sua simplicidade de condução e ao seu melhor comportamento diante de diversidades climáticas (MACEDO et al., 2006), e quando consorciado com culturas forrageiras destaca-se, devido a sua competitividade e pela possibilidade de colheita mecanizada, visto que possui boa altura de inserção de espigas.

O milho quando cultivado nas entrelinhas de eucaliptos, em associação inicial, apresentou maiores produtividades de grãos que em monocultivo, seu cultivo não influenciou na sobrevivência da espécie florestal e ainda promoveu a redução de 50,8% no custo da implantação da espécie florestal (MONIZ, 1987). Desta mesma forma, Silva et al. (2015), que trabalharam com o milho consorciado com *U. ruziziensis* em três sistemas de cultivo, observaram que a produtividade de grãos de milho aumentou no Sistema Santa Fé e no Sistema de ILPF intercalado com mogno africano, quando comparados com o Sistema Convencional.

Entretanto, o milho quando cultivado após o segundo ano da implantação da floresta, pode reduzir drasticamente a sua produtividade, devido ao maior sombreamento provocado pelas árvores. De acordo com Coletti (2016), que trabalhou com o consórcio de milho/capim-piatã, na região de Sinop/MT, em um sistema de ILPF, as plantas a pleno sol (ILP) produziram 74,5 e 130,0% a mais que as plantas sombreadas (ILPF), respectivamente, para o espaçamento entrelinhas de 0,45 e 0,90 m da cultura do milho. Os resultados corroboram com aqueles obtidos por Macedo et al. (2006), que trabalharam na região de Paracatu/MG, com o consórcio de milho com clones de eucalipto de 2 anos de idade, em dois locais de avaliação dentro do entre renque (1,8 e 2,7 m; e 4,5 e 5,4 m) e verificaram diminuição da produtividade de grãos dos consórcios de milho com eucalipto nos dois locais de avaliação, quando comparados com o monocultivo de milho.

A soja é uma cultura com grandes potencialidades dentro do sistema de ILPF, principalmente pela sua expansão em área cultivada e adaptação a solos de baixa fertilidade, podendo anteceder a pastagem, em sistema de rotação de culturas (FREITAS et al., 2010), ou mesmo anteceder a cultura do milho, como tradicionalmente se faz nas áreas de cultivo do país. Em sistemas de ILPF, utiliza-se a cultura nos primeiros dois anos após a implantação do sistema e, quando há necessidade de consorciação com forrageiras, faz-se a semeadura defasada da forrageira, ou seja, em estágio fenológico R7 (início da maturação) da cultura da soja. Outra leguminosa utilizada no sistema de ILPF é o feijão-caupi, que, pode ser utilizada como planta forrageira, ou quando com demanda de mercado, renda para a propriedade rural com a venda dos grãos. Em experimentos realizados na Embrapa Agrossilvipastoril (dados não publicados), no segundo ano após a implantação do eucalipto, em cultivo de segunda safra, não foram observadas diferenças para a produtividade de grãos, entre os tratamentos com diferentes condições de luminosidade.

Em relação as espécies de plantas de cobertura e/ou forrageiras, várias espécies podem ser utilizadas, destacando-se as compreendidas no gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), principalmente em consórcio com a cultura do milho. A escolha da espécie forrageira a ser implantada no consórcio é de suma importância para a obtenção de boas produtividades, tanto de grãos quanto de acúmulo de massa seca da forragem (BARDUCCI et al., 2009).

Assim, desde que manejadas adequadamente, não interferem ou tem pouca influência na produtividade do milho, apresentam boa capacidade de recuperação e formação de pastagem, e contribuem para a redução dos custos com a alimentação animal durante o período de estiagem (SILVA et al., 2008). Além disso, destacam-se por apresentar excelente adaptação aos solos com restrições na baixa fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal. Pela sua agressividade e resistência, é também considerada importante competidora com espécies daninhas das culturas anuais (OLIVEIRA, 2001).

Na adoção do consórcio dentro do sistema de ILPF, é preciso estar atento a intensidade dos efeitos da competição interespecífica das forrageiras no estado nutricional da cultura do milho, bem como na produtividade de grãos. Tais interferências podem inviabilizar o cultivo consorciado, e dependem das condições climáticas, da fertilidade do solo, da densidade de plantas forrageiras, dos cultivares utilizados e do manejo empregado (SILVA e BENEZ, 2005). À exceção do clima, os outros fatores podem ser manipulados com relativa facilidade, sobretudo com o desenvolvimento de técnicas de agricultura de precisão e disponibilização de herbicidas seletivos, tendo tornado-se passíveis de receber manejo diferenciado e localizado, conforme as características das áreas de cultivo (RESENDE et al., 2008). Além das culturas agrícolas e forrageiras mencionadas, outras podem fazer parte do sistema, desde que sejam adaptadas as condições edafoclimáticas da região, do potencial de consorciação, da plasticidade fenotípica, do interesse e poder econômico do produtor e do mercado consumidor para os produtos (FREITAS et al., 2010).

Na ILP, os consórcios entre culturas agrícolas produtoras de grãos e forrageiras, teve início na década de 1980 e foi baseado em experiências de produtores rurais, culminando com o lançamento do Sistema Barreirão, em 1991. Este sistema, composto por um conjunto de tecnologias e práticas de recuperação de pastagens em degradação, embasadas no consórcio arroz-pastagem, previa reduzir os riscos da cultura do arroz e deixar resíduos de adubo para o pasto consorciado e formado após a colheita da cultura granífera (OLIVEIRA et al., 1996).

Com o passar do tempo, surgiram várias propostas para produção de grãos, as quais envolviam o uso de sistemas de ILP com rotação lavoura-pastagem, e em 2001 foi lançado o Sistema Santa Fé. Este sistema fundamenta-se na produção consorciada de culturas de grãos (milho, sorgo, milheto e soja) com forrageiras tropicais, principalmente as do gênero *Urochloa* (Syn. *Brachiaria*), em áreas de lavoura com solo parcial ou totalmente corrigido, e tem como objetivo produzir forragem para a entressafra, palha em quantidade e qualidade para o SPD (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Desde então, muitas pesquisas foram realizadas no intuito de verificar os efeitos da competição entre as culturas envolvidas nos consórcios, sendo possível nos dias atuais, desenvolver o consórcio sem perdas de produtividade de grãos, e produção satisfatória de palha e/ou forragem. Contudo, alguns aspectos devem ser considerados no estabelecimento do consórcio, tais como, densidade populacional de plantas forrageiras, época de semeadura e arranjo espacial das sementes ou plantas.

Com relação a densidade populacional de plantas forrageiras, no consórcio milho/*U. brizantha*, segundo indicações de Kluthcouski e Aidar (2003), o estabelecimento de 4 a 6 plantas m⁻², em geral, não compromete a produtividade de grãos da cultura do milho. Entretanto, maiores densidades de braquiárias influenciam diretamente a produtividade de grãos da cultura (GIMENES et al., 2008).

A época de semeadura das forrageiras no consórcio é de suma importância para o sucesso da integração. A mesma varia de acordo com a cultura a qual será consorciada, com a condição climática da região e com a possibilidade de irrigação. No consórcio com a cultura da soja, a semeadura da forrageira anterior ao estágio fenológico R7 pode comprometer além da produtividade, a colheita dos grãos da cultura. Por outro lado, quando se utiliza a cultura do milho, várias são as épocas e formas de semeadura da forrageira.

Desta forma, quando cultivado em primeira safra, a semeadura da forrageira poderá ser realizada simultaneamente a cultura do milho ou no momento da adubação de cobertura da cultura do milho (estádio fenológico de quatro e/ou oito folhas totalmente desenvolvidas). Em ambas as épocas de semeadura, após a colheita do milho tem-

se maior incidência de luminosidade às forrageiras, que aliado às condições climáticas, produzirá maiores quantidades de massa seca para palhada e/ou forragem. Quando cultivado em segunda safra, recomenda-se a semeadura da forrageira simultaneamente a cultura do milho, pois devido ao rápido estabelecimento da cultura do milho, semeaduras mais tardias comprometem o desenvolvimento e a produção de massa seca da forrageira, visto que, nestas regiões que se desenvolvem a segunda safra, o período de estagem dura entre 4 e 6 meses.

Quanto à forma de semeadura da forrageira, a mesma pode ser realizada a lanço, misturada ao adubo de semeadura da cultura do milho ou com adaptação de uma caixa adicional de sementes pequenas na semeadora da cultura de grãos, cuja forrageira é depositada juntamente com o adubo de semeadura.

O consórcio do milho com forrageiras é possível graças ao diferencial de tempo e espaço no acúmulo de biomassa entre as espécies, e em caso de competição entre as culturas, a pesquisa tem demonstrado que isso pode ser amenizado com a utilização de subdoses de herbicidas pós-emergentes, como o nicosulfuron.

A eficiência dos cultivos tem sido aumentada com uso da agricultura de precisão que atualmente está ao alcance de muitos produtores. A Agricultura de Precisão (AP) não deve ser encarada como a utilização de sensores, equipamentos e softwares na agricultura e nem ao uso de GPS de alta precisão, e sim como uma filosofia de gerenciamento e manejo da produção agrícola, pecuária ou florestal considerando a variabilidade espacial inerente e existente nos sistemas de produção sejam eles integrados ou não. A rede de pesquisa da Embrapa define AP como uma postura gerencial que considera a variabilidade espacial para maximizar o retorno econômico e minimizar efeito ao meio ambiente (Inamasu et al., 2011).

Da mesma forma que sistemas convencionais apresentam grande variabilidade espacial da produtividade e dos fatores que interferem na produtividade, é esperado que sistemas integrados de produção como iLPF ou combinações possuam maiores variabilidades devido a grande integração de fatores. O que se espera da variabilidade espacial em sistemas integrados enfocando o sistema agrícola é que além da variabilidade inerente dos solos, pragas, plantas daninhas, etc. ainda existe a variabilidade espacial sistemática induzida pelo arranjo escolhido como, por exemplo, distância dos renques de árvores e sombra, sentido do plantio, orientação do sol, microclima existente entre renques de árvores e no renque, além de eficiência do uso de água devido a distribuição de raízes, entre outros.

Assumindo em um sistema iLPF temos a combinação de árvores posicionadas equidistantes, intercaladas com lavoura ou pastagem. Nesta situação é razoável a premissa de que a aplicação de insumos de forma uniforme não é a mais eficiente já que a variabilidade espacial é induzida. Portanto, a aplicação de insumos em taxas variáveis (sementes, adubos e defensivos) que é um dos objetivos principais da AP sem dúvida possibilita um aumento da eficiência dos sistemas. Equipamentos e softwares existem para realizar esta aplicação em taxas variáveis e estes devem ser adaptados nas diversas combinações de sistemas integrados.

Um grande gargalo para que a adoção de soluções agronômicas sejam adotadas em sistemas integrados é que parâmetros agronômicos para a tomada de decisão são escassos, já que pouco se conhece destes sistemas devido ao grande tempo exigido para se fechar um ciclo, pois as árvores normalmente demoram no mínimo 5 anos para terem o primeiro corte. Muito conhecimento e pesquisa pode ser aproveitado de toda pesquisa agronômica, pecuária e florestal realizada em sistemas solteiros, porém estes parâmetros para tomada de decisão ainda devem ser gerados em sistemas integrados. Pode-se realizar modelagem do crescimento de culturas, porém ainda é inexistente o comportamento das culturas em sistemas sombreados, além de que todo melhoramento genético foi direcionado para ambientes sem sombra. Da mesma forma para o componente animal e florestal.

Um bom parâmetro para sistemas agrícolas consorciados é que a área de sombra e proximidades devem ser encarada como uma área de baixo potencial produtivo num mapa de produtividade realizado com sensores e GPS e portanto toda fertilização e aplicação de insumos deve ser ajustado segundo reduções da produtividade induzidas nestas áreas. Portanto, em pesquisas futuras é imprescindível medir o quanto esta variabilidade espacial induzida influencia a aplicação em taxas variáveis de insumos.

A AP está numa fase de desenvolvimento em sistemas integrados, mas todo conhecimento gerado em sistemas agrícolas solteiros podem ser implementados nas diversas configurações de sistemas. Grande quantidade de equipamentos, sensores, softwares e maquinário já foram desenvolvidos e muitos deles precisam somente de adaptações ao delineamento do sistema integrado. Toda esta tecnologia como VANTs (Huang et al., 2016), sensores ativos de dossel (Shiratsuchi et al., 2011), medidores de condutividade elétrica do solo (Machado et al., 2015), monitores de produtividade e outros estão prontamente disponíveis e em um curto período de tempo farão parte dos sistemas de produção seja ele integrado ou não.

É muito importante que o sistema produtivo esteja bem amparado tecnicamente para a utilização deste ferramental da AP para que se atinja a sustentabilidade econômica, ambiental e social. O que não se pode continuar é manejar um sistema de produção que tem grande variabilidade espacial inerente e induzida como se fosse uniforme uma área sombreada, próximo a renques de árvores e etc, desconsiderando toda tecnologia já disponível e prontamente adaptável. Isto passa por capacitação e organização de equipe, seja ela da própria fazenda ou terceirizada.

Este cenário de aumento de eficiência casa com a utilização de ferramental para a prática da AP, pois cada vez mais não haverá a possibilidade do aumento de áreas produtivas e a tecnificação de áreas já em produção deverá se tornar uma regra para que se tenha um sistema de produção sustentável e de preferência integrado.

A inclusão do componente arbóreo aos componentes lavoura e pastagem representa um avanço inovador da ILP. Neste contexto, na adoção do consórcio dentro do sistema de ILPF, é preciso estar atento à intensidade dos efeitos de competição, uma vez que, neste sistema há um fator a mais interferindo no meio, que é a redução da luminosidade.

Se por um lado há a necessidade de abertura das árvores para melhoria do ambiente luminoso para as culturas intercalares, por outro, há necessidade de manutenção de máximo sombreamento possível para conferir bem-estar ao animal, principalmente em regiões de alta radiação solar e altas temperaturas.

Nos dias atuais é grande a preocupação com a qualidade da produção animal, oferecendo o menor nível de impacto e estresse. Além da proteção dos animais contra condições climáticas cada vez mais agressivas, as árvores podem propiciar fonte de alimento aos animais na forma de folhas e frutos. Outro grande benefício do sistema é a segurança alimentar. A produção agrícola pode ser comercializada, mas também pode ser utilizada dentro da propriedade agregando valor ao produto final (carne e/ou leite). Plantas como milho, sorgo e milheto, por exemplo, podem ser utilizadas como fonte de alimentos para os rebanhos no período de escassez de alimentos (seca), garantindo a boa nutrição e desempenho dos animais nessa época do ano, evitando perdas de peso e até morte de animais. Juntamente com a produção dessas culturas com silagem, há a formação barata de pastagens que são utilizadas também pelo rebanho em períodos de início e meio de seca. Manejar essa alimentação dentro do sistema é uma estratégia para garantir a segurança alimentar dos rebanhos. Por um lado, há produção de silagem, pastagens recém-formadas e manutenção das pastagens em utilização, cada qual com seu potencial produtivo e de desempenho animal. Por outro lado, têm-se animais dentro do rebanho com diferentes níveis de exigência nutricional, seja um rebanho de leite, carne ou ovinos, há sempre um diferencial em termos de exigência e nível de desempenho. Desta forma, aliar alimentos de maior valor alimentar a animais de maior exigência nutricional e alimentos de menor qualidade a animais com menor exigência, traz uma grande eficiência produtiva dentro do sistema.

Diante deste cenário, serão destacados os benefícios que a sombra desempenha sobre a produção animal e o uso da agricultura na agregação de valor do produto animal.

Os bovinos leiteiros são acometidos pelo estresse provocado pelo calor devido ao grande consumo de alimentos, principalmente na fase de lactação, que implica em um aumento na produção de calor metabólico e consequente dificuldade de manutenção da temperatura corporal (AZEVEDO et al., 2005).

De acordo com Schutz et al. (2009), os animais conseguem identificar locais sombreados que oferecem uma maior proteção contra a radiação solar, a fim de amenizarem o estresse pelo calor ao qual se encontram. Os autores avaliaram o comportamento de vacas leiteiras holandesas em clima temperado, submetidos a combinações de oferta de níveis diferentes de proteção de sombra artificial, constituídas por tecidos específicos com 99 e 25; 99 e 50 e 50 e 25% de proteção contra a radiação solar e verificaram que nas horas mais quentes dos dias pesquisados, 73,3% dos animais passaram mais tempo sob a proteção 99% na combinação 99 e 25% ($P < 0,01$), e 72% dos mesmos preferiram a proteção de 50% na combinação 50 e 25% ($P < 0,01$). Não foi verificado, contudo, diferença significativa para a combinação 99 e 50% ($P > 0,05$), uma vez, que os animais quando estiveram a sombra nesta combinação, preferiram permanecer 50,2% do seu tempo sob a proteção de 50 %, fato que os autores inferem a baixa temperatura ambiente, pois a máxima não ultrapassou os 24°C no ambiente externo aos abrigos de proteção.

A vantagem da proteção contra radiação solar é maximizada quando o ambiente é mais desafiador como na região tropical. Há a exposição dos animais em altas temperaturas diurnas acompanhada de alta radiação solar e muitas vezes, elevada umidade do ar, que torna o ambiente bastante desconfortável pode ser percebido durante todo o ano, dependendo da região do país.

Segundo Silva et al. (2008), o sombreamento de *Acacia holosericea* proporcionou uma redução de 26% na carga radiante em relação ao tratamento com exposição solar, embora a redução do ITGU não tenha sido suficiente para atingir os valores estipulados pela NATIONAL WEATHER SERVICE (2016) para animais de origem europeia. Entretanto, nas regiões mais quentes do Brasil, dificilmente seja encontrado animais de linhagem europeia pura. A grande e maciça maioria é composta por animais cruzados com zebu em infinitas combinações.

Conforme Azevedo et al. (2005), vacas cruzadas com zebuínos são mais tolerantes as variações climáticas. O problema principal das raças leiteiras de origem europeia esta na adaptação ao clima tropical, decorrente da alta capacidade produtiva, proporcionando alterações fisiológicas e comportamentais, provocados pelo estresse pelo calor (SILVA et al., 2002). A maior adaptação dos zebuínos às condições de temperatura elevada esta na sua capacidade de dissipação de calor por meio da sudorese de forma mais efetiva, pois possuem maior número de glândulas sudoríparas ou maior volume de secreção, pêlos mais curtos e maior superfície em relação à massa corporal, apresentando assim, um mecanismo termo regulatório mais eficiente que os taurinos (PEREIRA et al., 2008).

Um sistema silvipastoril bem planejado pode proporcionar um ambiente adequado para a produção de animais cruzados em todas as épocas do ano. Em muitos casos, como no Brasil Central, o inverno é muito mais agressivo que o verão em função das altas temperaturas, baixa nebulosidade e baixa umidade do ar. São comuns temperaturas de 38 a 45°C ao meio dia, nessa época do ano. As nuvens durante o período chuvoso do ano amenizam essa condição.

A redução no consumo de alimentos em gado leiteiro ocorre independentemente do seu estágio produtivo quando submetido a ambientes desafiadores, comprometendo a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta. Houve redução de 49 e 55% da digestibilidade de matéria seca total e da proteína bruta, respectivamente, em animais estressados, comparado aos animais mantidos em conforto térmico (PASSINI et al., 2009). O grupo animal submetido ao conforto térmico permaneceu em ambiente com temperatura média de 21°C, enquanto os animais em condições de estresse permaneceram em câmara bioclimática com temperatura média de 38°C, durante todo o período experimental.

Leme et al. (2005) verificaram em seu experimento que os animais despendiam tempo igual ao sol e a sombra ao deitarem-se em busca de descanso, independente da época do ano, devido possivelmente a dispersão das arvores no piquete experimental, inferindo se, portanto, ao sistema silvipastoril, a capacidade de amenizar as intempéries ambientais no entorno das copas das arvores, uma vez, que os autores verificaram no turno da tarde, no período de verão, redução na temperatura do globo negro de 6,5°C sob a copa das mesmas em comparação ao sol, sendo as árvores de maior altura e de copa globosa/densa, as que conferiram maior redução da irradiação solar.

Em condições de centro-oeste, novilhas leiteiras que tinham maior oferta de sombra passaram a maior parte do seu tempo nas áreas de influencia das árvores, seja na atividade de ócio, ruminação ou pastejo. No sistema com sombreamento localizado as margens do piquete, as novilhas procuraram mais a sombra nas horas mais quentes do dia para ruminação e ócio, enquanto que aquelas sem oferta de sombra, simplesmente permaneciam em ócio ao redor dos

bebedouros com reduzida atividade de pastejo nesses horários (MELLO et al., 2016). O mesmo comportamento foi verificado por Ferreira et al. (2011), com ovinos Santa Inês quando submetidos a sistemas com e sem sombreamento por coqueiros no Rio de Janeiro. Castro et al. (2004), complementam que a atividade silvipastoril de coqueiros com ovinos foi rentável na região nordeste do país. Na região da Amazônia ocidental, também foram encontrados fortes benefícios do uso de espécies arbóreas nas pastagens para propiciar melhor ambiente a animais com linhagem europeia (TOWNSEND et al., 2002).

O desempenho de novilhas não foi alterado pela presença ou ausência de árvores na região serrana de Minas Gerais, entretanto Paciullo e Castro (2006) complementam que a adição na renda vem da produção da madeira que foi cultivada em conjunto. No centro-oeste brasileiro, transição com bioma Amazônico, o desempenho de novilhas leiteiras foi avaliado e foi possível verificar que o sistema silvipastoril com espaçamento adequado manteve o mesmo nível de produção da forragem e desempenho animal que o pleno sol. O sistema intensamente sombreado proporcionou uma queda considerável na produção vegetal o que reduziu o desempenho dos animais. Entretanto, nessa condição os animais apresentaram melhores características de conforto térmico que o sistema a pleno sol, propiciando um comportamento semelhante ao sistema com sombreamento marginal, ambos superiores ao pleno sol em termos de bem estar animal (LOPES et al., 2016). Em regiões mais quentes do país, resultados diferenciais de desempenho animal são esperados, sendo amplificados quando esses animais encontram-se em estágio produtivo. Estudos nessa linha de pesquisa estão sendo realizados na Embrapa Agrossilvipastoril com resultados previstos para 2020.

Quando as alterações de manejo ocorrem dentro de ambientes sombreados, aparentemente as respostas parecem ser tamponadas pelo sistema. Rodrigues et al. (2012) não encontraram diferenças no comportamento de ovinos quando inseriu banco de proteína de estíloso em pastagens com cajueiros no Mato Grosso do Sul. Apesar de expressiva participação de estíloso na dieta (23%), nenhuma variável de comportamento ingestivo foi afetada. Já a resposta ao uso de nitrogênio foi semelhante quando utilizada em pleno sol. Bernardino et al. (2011) obtiveram aumentos na lotação e ganho de peso de novilhas nelore em sistemas silvipastoris de capim-marandu com eucalipto quando elevaram de 0 para 150 kg ha⁻¹ Ano⁻¹, sendo o principal agente motivador, o aumento da massa de forragem. Este é um forte indicativo que o fato de associar árvores ao sistema não significa que a uso de nitrogênio seja dispensável. Ao contrário disso, um sistema integrado deve obrigatoriamente funcionar com um alto nível tecnológico, condizentes aos demais fatores produtivos.

A sazonalidade na produção de forragens nos trópicos caracteriza-se pela maior produção de biomassa durante a época chuvosa e menor produção durante a época seca. Sendo assim, os pecuaristas necessitam estocar forragem produzida na época chuvosa, de modo a ter alimento volumoso de boa qualidade disponível para a alimentação dos animais na época de escassez de forragem. Em sistemas de produção de leite, o volumoso mais indicado é a silagem na alimentação dos animais, sendo o milho e o sorgo as principais culturas utilizadas no processo de ensilagem (MULLER et al., 2015). Na produção de gado de corte tem se tornado cada vez mais comum a prática da confecção de silagem (RESTLE et al., 1999). Isto tem acontecido, segundo Demarchi et al. (1995), principalmente em regiões com exploração pecuária mais tecnificada, em que a procura por melhores índices zootécnicos e rentabilidade econômica tem levado grande número de produtores que utilizam o confinamento a adotarem sistematicamente esta prática. Outro fator que tem contribuído para o aumento da ensilagem é a integração agricultura-pecuária, pois é cada vez maior o número de agricultores que têm utilizado pastagem em sistema de rotação com culturas anuais, além de ter crescido o número de pecuaristas que têm utilizado a agricultura como forma de reduzir o custo de recuperação ou renovação de pastagens. Independente do sistema de cultivo, exclusivo ou em integração lavoura-pecuária, a silagem de sorgo mostrou-se economicamente viável na terminação de cordeiros em confinamento, em especial no sistema de integração (YOKOBATAKE, 2014).

A ensilagem, quando realizada dentro das técnicas e padrões recomendados e pelo fato de conservar os princípios nutritivos do material ensilado, garante o fornecimento aos animais de alimento de boa qualidade durante todo o período crítico de estiagem. Em consequência, os custos de produção são minimizados e se mantêm os índices produtivos e reprodutivos, principalmente na exploração de bovinos leiteiros (DIAS et al., 2001). Apesar de o milho ter sido sempre a forrageira de maior utilização no processo de ensilagem. Entretanto, o sorgo tem se mostrado como boa opção em substituição ao milho, especialmente, em regiões com irregularidade hídrica. Nestas regiões, o sorgo tem sido mais explorado, devido à maior resistência a veranicos, maior produção por área e menor exigência quanto à fertilidade do solo, em relação ao milho.

O milho e o sorgo são culturas mais adaptadas ao processo de ensilagem, por sua facilidade de cultivo, altos rendimentos e, especialmente, pela qualidade da silagem produzida sem o uso de aditivos ou pré-murchamento (DEMARCHI et al., 1995).

Concomitantemente à semeadura de forrageiras anuais, podem ser semeadas forrageiras perenes, como as braquiárias em consórcio. Essa prática possibilita o alongamento do período de pastejo e ainda a formação de palhada para a semeadura direta da cultura granífera ou de lavoura para a produção de silagem na safra de verão seguinte (KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003).

A produtividade, a matéria seca da forragem do milho e a interceptação luminosa do capim-marandu são menores quando localizados próximos (2 m) das árvores de eucalipto. A partir de 4 m, o capim-marandu tem maior produtividade sem o consórcio com o milho. O consórcio promoveu uma redução no perfilhamento do capim-marandu em relação ao solteiro sob o eucalipto (SALES, 2015).

A racionalização do uso dos alimentos conforme as demandas do rebanho; a melhoria do processo produtivo com uso de técnicas e consórcios de plantas com população, fertilização e manejo adequados e a busca por um sistema de produção visando máxima eficiência de uso com mínimo de perdas no processo, são os caminhos para o sucesso do empreendimento. Finalmente, um sistema agrossilvipastoril bem planejado pode trazer benefícios não somente ao

ganho de carne e leite, mas benefícios de aumento de renda, segurança alimentar e sustentabilidade social, econômica e ambiental quando bem planejado e conduzido de maneira adequada.

Indiscutivelmente, o uso de espécies arbóreas na pastagem de maneira planejada, traz inúmeros benefícios ao sistema como um todo. Cabe ao profissional agrícola, conhecer as nuances das diferentes combinações e planejar sistemas mais complementares que competitivos para o sucesso e consolidação do sistema. Além do conhecimento técnico, uma dose de observação, bom-senso, visão ampla e em perspectiva acompanham o sucesso da integração entre a lavoura, a pecuária e a floresta.

Literatura Citada

- ALFAIA, S. S.; RIBEIRO, G. A.; NOBRE, R.; LUIZÃO, R. C.; LUIZÃO, F. J. Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in western Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 102, p. 409 - 414, 2004.
- ANDRADE, C.M.S.; SALMAN, A.K.; OLIVEIRA, T.K. Arborização de pastagens na América Latina. Situação atual e perspectivas. IN: ANDRADE, C.M.S.; SALMAN, A.K.; OLIVEIRA, T.K. Guia Arbopasto. **Manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris**. Brasília (DF): p.17-25, 2012.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G. Fatores limitantes aos crescimento do Capim-Tanzânia em um Sistema de Agrossilvipastoril com Eucalipto na Região dos Cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1178-1185, 2001.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. **Tópicos em Ciência do Solo**. In: Araújo, A. P.; Avelar, B. J. R., (Eds.) Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro... 8. ed. Viçosa: UFV, 2013. cap. 8, p. 221-278.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: DA FONSECA, A. F.; CAIRES, E.F.; BARTH, G. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. AEACG/Inpag: Ponta Grossa, p.272-309, 2011.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M. F. A.; SATURNINO, H. M.; LANA, A. M. Q.; SAMPAIO, I. B. M.; MONTEIRO, J. B. N.; MORATO, L. E. Estimativa de níveis críticos superiores do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras 1/2, 3/4, 7/8 holandês-zebu em lactação. **Rev. Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p.2000-2008, 2005.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. STONE, L. F. (Ed. tec.). Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Reference document: crop-livestock-forestry integration. Brasília, DF: Embrapa, 2011.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; OLIVEIRA.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P.R.; VILELA, L. P. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta. **Informações agrônomicas**, n.138, 2012.
- BARDUCCI, R. S. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v.58, n.222, p.211-222. 2009.
- BEHLING, M. Árvores na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). **Opiniões Florestal: celulose, papel, carvão, siderurgia, painéis e madeira**, Ribeirão Preto, SP, p. 57 - 58, 13 jul. 2015.
- BERNARDINO, F.S.; TONUCCI, R.G.; GARCIA, R.; NEVES, J.C.L.; ROCHA, C.R. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.7, p.1412-1419, 2011.
- BRENNER, A.J. Microclimatic modifications in agroforestry. In: ONG, C.K.; HUXLEY, P. (ed.). **Tree-crop interactions – A physiological approach**. Cambridge: University Press, 1996. cap. 5, p.159-188.
- BUTTERFIELD, R.P. Promoting biodiversity: advances in evaluating native species for reforestation. **Forest Ecology and Management**, v.75, p.111-121, 1995.
- CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de Sequestro de carbono em diferentes Biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 277-289, 2010.
- CASTRO, A.B.; NEIVA, J.N.M.; OLIVEIRA, T.S.; ALVES, A.A. Desempenho produtivo de ovinos em sistema silvipastoril (coqueiro) no litoral cearense. **Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 40. Anais... 4p. 2004.
- CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 6p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 50).
- CEZANA, D.P.; CHICHORRO, J.F.; MARTINS, L.T.; COTTA, T.R.; SILVA, J.L. Efeitos de diferentes classes de altura e intensidades de desrama artificial sobre o crescimento de um híbrido de eucalipto. **Floresta**, v.42, n.1, p.137-144, 2012.
- COLETTI, A. J. **Cultivo de milho consorciado com capim-piatã em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. 2016. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira.
- COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura – pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 246–250, 2011.
- CONCEIÇÃO, P. C.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 129, n. 5, p. 40–47, 2013.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 425-432, 1999.
- COSTA, N.R., ANDREOTTI, M.3, BERGAMASCHINE, A.F., LOPES, K.S.M. ; LIMA, A.E.S. Custo da produção de silagens em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562010002>. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 62, n.1, p. 009-019, jan/fev, 2015

- DEMARCHI, J.J.A. A., BOIN, C., BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, 33(3):111-136. 1995.
- DIAS, A.M.A.; BATISTA, A.M.V.; FERREIRA, M.A.; LIRA, M.A.; SAMPAIO, I.B.M. Efeito do Estádio Vegetativo do Sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a Composição Química da Silagem, Consumo, Produção e Teor de Gordura do Leite para Vacas em lactação, em Comparação à Silagem de Milho (*Zea mays* (L.)) **Rev. bras. zootec.**, 30(6S) : 2086-2092, 2001.
- DIEL, D.; BEHLING, M.; FARIAS NETO, A. L.; ISERNHAGEN, E. C. C.. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 639-647, 2014.
- ENTZ, M.H.; BELLOTTI, W.D.; POWELL, J.M.; ANGADI, S.V.; CHEN, W.; OMINSKI, K.H. ; BOEL, B. Evolution of integrated crop-livestock production systems. In: McGILOWAY, D.A., org. Grassland: A global resource. Wageningen, 2005. p.137-148.
- ERSKINE, P.D.; LAMB, D.; BORSCHMANN, G. Growth performance and management of a mixed rainforest tree plantation. **New Forest**, v.29, p.117-234, 2005.
- EVANS J.; TURNBULL. **Plantation forestry in the tropics**. Oxford University Press, 2010, 467 p.
- FERREIRA, A.D.; SERRA, A. P.; MELOTTO, A.M.; BUNGENSTAB, D.J.; LAURA, V.A. Tree management and wood properties in integrated crop-livestock-forestry systems with Eucalyptus. IN: BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R.G. Technical Editors. **Integrated crop-livestock-forestry systems**. A Brazilian experience for sustainable farming. Brasília, DF: Embrapa P. 133-154, 2014.
- FERREIRA, E M.; SANTANA, A.V.; CALIL, F. N.; COSTA, L. F.S.; TSAI H. S. Atributos químicos de solo sob diferentes tratamentos **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p.449 2014.
- FERREIRA, E.V.F.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade da soja na integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35 p.161-169, 2011.
- FERREIRA, R.A.; ESTRADA, L.H.C.; THIÉBAUT, J.T.L.; GRANADOS, L.B.C.; SOUZA JÚNIOR, V.R.S. Avaliação do comportamento de ovinos santa Inês em sistema silvipastoril no norte fluminense. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 399-403, mar./abr., 2011a.
- FONTAN, I.C.I. **Dinâmica a copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama em sistema agroflorestal**. 2007, 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, MG. 2007.
- FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R.; MACHADO, A. F. L.; NASCIMENTO, P. G. M. L. Culturas agrícolas em Sistema Agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. **Sistema Agrossilvipastoril: Integração Lavoura, Pecuária e Floresta**. Viçosa, 2010. p. 69-103.
- GARNETT, T.; APPLEBY, M. C.; BALMFORD, A.; BATEMAN, I. J.; BENTON, T. G.; BLOOMER, P.; BURLINGAME, B.; DAWKINS, M.; DOLAN, L.; FRASER, D.; HERRERO, M.; HOFFMANN, L.; SMITH, P.; THORNTON, P. K.; TOULMIN, C.; VERMEULEN, S. J.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable Intensification in Agriculture: premises and policies. **Science**, v. 341, July 2013, p.33-34.
- GARRITY, D.P.; LEFROY, R.D.B. (ed.); BLAIR, G.J. (ed.); CRASWELL, E.T. The fate of Organic Matter and Nutrients in Agroforestry Systems. In: Soil organic matter management for sustainable agriculture: a workshop held in Ubon, Thailand, Aug. 1994. Proceedings n. 56. **Anais**, Camberra: ACIAR, 1995. p. 69-77.
- GIMENES, M. J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E. P.; POGETTO, M. H. F. do A. D.; CHRISTOVAM, R. S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, v.15, n.2, p.61-76, 2008.
- GUERREIRO, M.F.; NICODEMO, M.L.; PORFÍRIO-DA SILVA, W. Vulnerability of ten eucalyptus varieties to predation by cattle in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**. n.89, p.743-749,2015.
- HUANG, Y.; THOMSON, S.J.; BRAND, H.J.; REDDY, K.N. Development and evaluation of low-altitude remote sensing systems for crop production management. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v.09, n.4, 01-11, 2016.
- INAMASU, R.Y.; NAIME, J. M.; RESENDE A. V.; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. C. Agricultura de precisão: um novo olhar. 1. Ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. v. 1. 334p.
- KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; BALBINO, L. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MÜLLER, M. Conceitos e modalidades da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, 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).
- KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 129-142.
- KUMAR, S.; UDAWATTA, R. P.; ANDERSON, S. H. Root length density and carbon content of agroforestry and grass buffers under grazed pasture systems in a Hapludalf. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 80, n. 1, p. 85-96, 2010.
- LACLAU, J-P.; SILVA, E. A.; LAMBAIS, G. R.; BERNOUX, M.; MAIRE, G.; STAPE, J. L.; BOUILLET, J-P.; GONÇALVES, J. L. M.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y.. Dynamics of soil exploration by fine roots down to a depth of 10 m throughout the entire rotation in *Eucalyptus grandis* plantations. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. n/a-n/a, 2013.
- LANGE, A.; ERTHAL, L.; FERREIRA JÚNIOR, A.B.; CARMO, F.H.D.J.; BUCHELT, A. C.; FREDDI, O. S.; CAMPOS, D.; WRUCK, F. J. Metodologia de amostragem de solo e distribuição horizontal de fósforo no sistema de integração-lavoura-pecuária-floresta em Nova Canaã-MT. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBCS/SBCS, 2013.

- LEMAIRE, G.; FRANZLUEBERS, A.; CARVALHO, P.C.F.; DIDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: A strategy to reach compromise between agriculture production and environment preservation. In: INTERNATIONAL SIMPOSIUM ON INTEGRATED CROPLIVESTOCK SYSTEMS. Porto Alegre, 2012, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. CD ROM.
- LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M.. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ver. Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.
- LIMA, A.P.L. Desrama artificial em clone de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden): **Efeitos sobre o crescimento, a dinâmica de copa e o tempo de desrama**. 2003, 190 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, MG. 2003.
- LISBOA, F. J. G.; CHAER, G. M.; FERNANDES, M. F.; BERBARA, R. L. L.; MADARI, B. E. The match between microbial community structure and soil properties is modulated by land use types and sample origin within an integrated agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v78, p 97-108, 2014.
- LOPES, L.B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D.S.; CARNEVALLI, R.A. The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Trop Anim Health Prod.** 2016 Apr; 48(4):755-61. doi: 10.1007/s11250-016-1021-x. Epub 2016 Feb 19.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Carbon and nitrogen content and stock in no-tillage and crop-livestock integration systems in the Cerrado of Goiás State, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 4, n. 8, p. 96-105, 2012.
- LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; GIACOMO, S.G.; PERIN, A. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.
- LOSS, A.; RIBEIRO, E. C.; PEREIRA, M. G.; COSTA, E. M. Atributos físicos e químicos do solo em sistemas de consórcio e sucessão de lavoura, pastagem e silvipastoril em Santa Teresa, ES. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1347-1357, 2014.
- MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.
- MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; ARAUJO, A. R.; FERREIRA, A. D. Soil carbon contents in integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEM, 1.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 323.
- MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S.; OLIVEIRA, T. K. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônomicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.701-709, 2006.
- MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas agroflorestais: Lavras, Editora da UFPA, 331p.2010.
- MACHADO, F.C.; MONTANARI, R.; SHIRATSUCHI, L.S.; LOVERA, L.H.; LIMA, E.S. Spatial dependence of electrical conductivity and chemical properties of the soil by electromagnetic induction. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1112-1120, 2015.
- MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CERRI, C.E.P. ; CERRI, C.C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. **Geoderma**, 149:84-91, 2009.
- MARCHAO, R., BECQUER, T., BRUNET, D., BALBINO, L., VILELA, L., BROSSARD, M. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year effects of integrated crop livestock management systems. **Soil Tillage Research**, v. 103, n. 2, p. 442-450, 2009.
- MAURICE, J.; LACLAU, J-P.; SCORZONI RE, D.; GONÇALVES, J. L. M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J-P.; STAPE, J. L.; RANGER, J.; BEHLING, M.; CHOPART, J-L. Fine root isotropy in *Eucalyptus grandis* plantations. Towards the prediction of root length densities from root counts on trench walls. **Plant and Soil** (Print), v. 334, p. 261-275, 2010.
- MELLO, A.C.T.; CARNEVALLI, R.A.; SHIRATSUCHI, L.S.; PEDREIRA, B.C.; LOPES, L. B. XAVIER, D.B. Dairy heifers improve grazing activity in shaded tropical grasslands. **Ciência Rural, 2016 (Aceito para publicação)**.
- MONIZ, C. V. D. Comportamento inicial do eucalipto (*Eucalyptus torrelliana* F. Muell), em plantio consorciado com milho (*Zea mays* L.) no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. 1987. 61 f. **Tese** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MONTAGNINI, F., JORDAN, C.F. **Tropical forest ecology**. Heidelberg:Springer. 2005, 295p.
- MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. C.; COSTA, S. E. V. G. A. ; KUNRATH, T.R. Crop-livestock integration in Brazilian subtropics II. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS. Porto Alegre, 2012. **Proceedings...** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. CD ROM.
- MÜLLER, M.D.; MARTINS, C.E.; BRIGHENTI, A.M.; MORENZ, M.J.F.; ROCHA, W.S.D.; SOBRINHO, F.S.; CALSAVARA, L.H.F.; ANDRADE, P.J.M.; MACHADO, A.F. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta como alternativa para produção pecuária leiteira sustentável em áreas declivosas. In. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: Desafios e perspectivas**, 2015. p. 343-386.
- National Weather Service Weather Forecast Office, 2016. <http://www.srh.noaa.gov/tsa/?n=wbgt>
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara, 1988. 434p.
- OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G.; PORTES, T. de A.; SILVA, A. E. da; PINHEIRO, B. da S.; FERREIRA, E.; CASTRO, E. da M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMIDE, J. de C.; BALBINO, L.

- C. **Sistema Barreirão**: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais. Goiânia: EMBRAPACNPAF, 1996. 90p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 64).
- OLIVEIRA, I. P. **Palhada no sistema Santa Fé**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 2001. 4p. (Informações Agronômicas, 93).
- PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; ÁVILA PIRES, M. et al. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagem solteira ou em sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus grandis* e leguminosas arbóreas. **Congresso Nacional de Sistemas Silvopastoriles**. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales. Argentina, 2009.
- PACIULLO, D.S. C.; CASTRO, C.R.T.. Sistema silvipastoril e pastagem exclusiva de braquiária para recria de novilhas leiteiras: massa de forragem, qualidade do pasto, consumo e ganho de peso. – Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2006. 21 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa, 20).
- PAIVA, H.N.; VITAL, B.R. A escolha da espécie florestal. Viçosa: UFV, 2003. 42 p. (**Cadernos didáticos, 93**).
- PASSINI, R.; FERREIRA, F. A.; BORGATTI, L. M. O.; TERCENIO, P. H.; SOUZA, R. T. Y. B.; RODRIGUES, P. H. M. Estresse térmico sobre a seleção da dieta por bovinos. **Rev. Acta Scientiarum**. Animal Sciences, v. 31, n. 3, p. 303-309, 2009.
- PENG, X.; THEVATHASAN, N.V.; GORDON, A.M.; MOHAMMED, I.; GAO, P. Photosynthetic Response of Soybean to Microclimate in 26-Year-Old Tree-Based Intercropping Systems in Southern Ontario, Canada. **Plos One**, v. 10, n. 6, p. 10, 2015.
- PEREIRA, J. C.; CUNHA, D. de N. F. V.; CECON, P. R.; FARIA, E. S. Desempenho, temperatura retal e frequência respiratória de novilhas leiteiras de três grupos genéticos recebendo dietas com diferentes níveis de fibra. **R. Bras. Zootec.**, vol.37 no.2 Viçosa Feb. 2008.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M.L.F.; SANTOS, P.M.; CRUZ, P.G. da; PARMEJIANI, R.S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 110-119, 2015.
- PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; SOUZA, J.M.; PEZZOPANE, J.E.M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com noqueira macadâmia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p.1257-1263, 2010.
- PINHEIRO, R. C.; DE DEUS, J. C.; NOUVELLON, Y.; CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; ALÓ, L. L.; GUERRINI, I. A.; JOURDAN, C.; LACLAU, J-P. A fast exploration of very deep soil layers by Eucalyptus seedlings and clones in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 366, p. 143-152, 2016.
- PORFIRIO-DA-SILVA, W.; MEDRADO, M.J.S.; NICODEMO, M.L.F.; DERETI, R.M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa florestas, 2010, 48 p.
- PORFIRIO-DA-SILVA, W.; MORAES A.; MOLLETA, J.L.; PONTES, L.S.; OLIVEIRA, E.B.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P.C.F. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.70, p.183-192, 2012.
- PORFIRIO-DA-SILVA, W.; MORAES, A.; MEDRADO, M.J.S. Planejamento do número de árvores na composição de sistemas de integração lavoura pecuária floresta (ILPF). Colombo: Embrapa florestas, 2008. (comunicado técnico, 219), 4p.
- PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; LEMOS, R. L.; SOUZA, K. W. Soil carbon stocks in integrated crop-livestock-forest and integrated crop-livestock systems in the Cerrado region. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK FOREST SYSTEM, 1; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROPLIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. Proceedings... Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 314.
- RESENDE, A. V. de; SHIRATSUCHI, L. S.; FONTES, J. R. A.; ARNS, L. L. K.; RIBEIRO, L. F. Adubação e arranjo de plantas no consórcio milho e braquiária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.4, p.269-275, 2008.
- RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; BERNARDES, R.A.C. O novilho super precoce. In: RESTLE, J. (Ed.) Confinamento, pastagens e suplementação para produção de bovinos de corte. Santa Maria: UFSM, 1999. p.191-214.
- RIEGER, F. A.; ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; SOUZA, A. P.; MATOS, E. S.; MAGALHÃES, C. A. S.; FARIAS NETO, A. L. Water Erosion on an Oxisol under Integrated CropForest Systems in a Transitional Area between the Amazon and Cerrado Biomes. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 40, 2016.
- RODRIGUES, M.M.; SANTOS, M.S.; TANIA MARIA LEAL, T.M.; OLIVEIRA, M.E. MOURA, R.L.; DANIEL LOUÇANA DA COSTA ARAÚJO, D.L.C.; RODRIGUES, F.N.; VASCONCELOS, J.I. Comportamento de Ovinos em Sistema Silvopastoril com Cajueiro. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.14, n.1, p.1-4, 2012.
- RYSCHAWY, J.; CHOISIS, N.; CHOISIS, J.P.; JOANNON, A.; GIBON, A. Mixed croplivestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? **Animal**, 6:1722-1730, 2012.
- SALES, D.M.. Produtividade da forragem de milho e Capim-marandu Integrados em sistema agrossilvipastoril com eucalipto **Dissertação (mestrado)** – Universidade Estadual Paulista. Campus Experimental de Dracena. Área de conhecimento: Produção Animal, 2015. 62p.
- SALMAN, A.K.; ANDRADE, C.M.S.; GAMA, M.M.B.; OLIVEIRA, L.C.; OLIVEIRA, T.K.; MENDES, A.M.; ASSIS, G.M.L. Método de seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris. In: ANDRADE, C.M.S.; SALMAN, A.K.; OLIVEIRA, T.K. **Guia Arbopasto. Manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris**. Brasília (DF): p.57-90, 2012.
- SALTON, J. C. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. 2005. 158 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SALTON, J. C.; MERCANTEA, F. M.; TOMAZIA, M.; ZANATTAC, J. A.; CONCENÇO, G., SILVA, W. M.; RETOREA, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014.

- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 1, p. 11–21, 2008.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1349–1356, 2011.
- SANTOS, F. C. S.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; VILELA, L.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; VIANA, J. H. M. Decomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado Baiano. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1855-1861, 2014.
- SANTOS, L.D.T.; SALES, N.L.P.; DUARTE, E.R.; OLIVEIRA, F.L.R.; MENDES, L.R. **Integração lavoura-pecuária floresta: alternativa para a produção sustentável nos trópicos**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade federal de Minas Gerais, 2010, 142 p.
- SANTOS, R. S. M. dos; OLIVEIRA, I. P. de; MORAIS, R. F. de; URQUIAGA, S. C.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Brachiaria spp.* em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade do ambiente cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 119–124, 2007.
- SCHUTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R. TURCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior, and body temperature. **Rev. Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, p. 28-34, 2009.
- SEITZ, R.A. Manual de poda de espécies arbóreas florestais. Curitiba:FUPEF, 1995, 82 p.
- SEYFRIED, M.S.; RAO, P.S.C. Nutrient leaching loss from two contrasting cropping systems in the humid tropics. **Tropical Agriculture**, 68, p. 9-18. 1991.
- SHIRATSUCHI, L. S.; FERGUSON, R.B.; Shanahan, J.F.; Adamchuk, V.I.; RUNDQUIST, D.; Marx, D.B.; SLATER, G.P. Water and Nitrogen Effects on Active Canopy Sensor Vegetation Indices. *Agronomy Journal (Print)*, v. 103, p. 1815-1826, 2011.
- SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST, P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, v. 78, n. 3, p. 269-286, 2010.
- SILVA, A. R. B.; BENEZ, S. H. Cultivares de milho: Produtividade em diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos. **Energia na Agricultura**, v.20, n.1, p.77-90, 2005.
- SILVA, A. R.B.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M. Cultivo de milho em diferentes sistemas integrados de manejo de um Latossolo Amarelo. **Cerrado Agrociências**, Patos de Minas, n.6, p.65-74, 2015b.
- SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; ESPINAL, F. S. C.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2853-2861, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000700032.
- SILVA, I. J. O.; PANDORFI, H.; ACARARO Jr., I.; PIEDADE, S. M. S.; MOURA, D. J. Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas. *Rev. Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.5, p.2036-2042, 2002.
- SILVA, L. L. G.G.; RESENDE, A. S.; DIAS, P.F.; SOUTO, S. M.; AZEVEDO, B. C.; VIEIRA, S. M.; COLOMBARI, A. A.; TORRES, A. Q. A.; MATTA, P. M.; PERIN, T. B.; MIRANDA, C. H. B.; FRANCO, A. A. Conforto térmico para novilhas mestiças em sistema silvipastoril. *EMBRAPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, n. 34, p. 1-25, 2008.
- SOUSA NETO, E. L.; ANDRIOLI, I.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. M.; LAL, R. Physical quality of an Oxisol under an integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 608-618, 2014.
- SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:79-88, 2010.
- SOUZA, W. de; BARBOSA, O.R.; MARQUES, J.A.; COSTA, M.A.T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 686-695, 2010.
- TAMANG, B.; ANDREU, M.G.; ROCKWOOD, D.L. Microclimate patterns on the leeward side of single-row tree windbreaks during different weather conditions in Florida farms: implications for improved crop production. **Agroforestry Systems**, v. 79, n. 1, p. 111-122, 2010.
- THANGATA, P. H.; HILDEBRAND, P. E. Carbon stock and sequestration potential of agroforestry systems in smallholder agroecosystems of sub-Saharan Africa: Mechanisms for “reducing emissions from deforestation and forest degradation” (REDD+). **Agriculture, Ecosystems; Environment**, Amsterdam, v. 158, n. 1, p. 172–183, 2012.
- TONINI, H.; MORALES, M.; MENEGUCI, J.P.; WRUCK, F.. Biomassa e área foliar de clones de eucalipto em ILPF: implicações para a desrama. *Nativa*, v.4, n.5, no prelo....
- TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; COSTA, N.L.; PEREIRA, R.G.A.; SILVA NETTO, F.G. Condições térmicas ambientais sob diferentes sistemas silvipastoris na Amazônia ocidental. **Pasturas Tropicales**, Vol. 25, n. 3. 2002.
- VELOSO C. A. C.; SILVA A. R.; CARVALHO E. J. M.; SALES A. Modificações na fertilidade do solo após cinco anos do cultivo de espécies florestais em sistema Agrossilvipastoril no Nordeste do Pará. In: III SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 2011, Belém. Anais... Belém: SEPCAA. 2014.

VIANA, M. C. M.; FREIRE, F. M.; LARA, J. F. R.; GUIMARÃES, C. G.; MACÊDO, G. A. R.; NETO, M. M. G.; TEIXEIRA, M. F. F. Características agronômicas do milho cultivado para silagem no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. Potencialidades, desafios e sustentabilidade. **Anais**. Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.

VICTÓRIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIN, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. 317-371p.

WEST, P.W. **Growing plantation forests**. Springer:Berlin, 2006,304p.

WOOD, P.J.; BURLEY, J. **Un árbol para todo propósito. Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforesteria**. San José, CR: Centro Internacional Para Investigación y Agroforesteria: Instituto Interamericano de Cooperación para La Agricultura, 1995, 180 p.

YOKOBATAKE, K. L. A.. Produção, qualidade da carcaça e da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo silagens de sorgo Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Produção Animal, 2014, 64p.

Manejo de Adubação Fosfatada em Solos de Cerrado

Roberto Ferreira Novais¹, Sarah Vieira Novais²

¹ Professor do Instituto de Ciências Agrárias da UFV - Campus Rio Paranaíba. Bolsista do CNPq e da Capes.

² Doutoranda do Departamento de Solo da ESALQ. Bolsista da Capes.

Resumo: Discute-se neste texto a adsorção (fixação) de fósforo (P) em solos altamente intemperizados dos trópicos, de modo a compreender processos e práticas que otimizem a utilização das limitadas reservas mundiais deste nutriente para a produção agrícola nos trópicos. Essa discussão passa pela compreensão de efeitos e práticas que minimizem a fixação de P pelo solo e privilegie a planta de modo a manter a produtividade com menores doses deste nutriente. Entre esses efeitos, discute-se sobre a grandeza e composição da fração argila do solo responsável pelo grande poder de fixação de P e sobre propriedades físicas e químicas do solo, naturais ou induzidas pelo seu manejo. Assim, discute-se sobre os efeitos relacionados às alterações químicas no solo que interferem em sua densidade de carga, como a calagem e o incremento no teor de matéria orgânica, e sobre aqueles relacionados a alterações físicas do solo, como a compactação e a umidade que interferem na difusão de P. Enfatiza-se sobre a conveniência da aplicação localizada de fontes solúveis de P ou mesmo de Fosfatos Naturais (FNs) em relação a fosfatagem, esta com o objetivo não necessariamente econômico de saturar o poder de fixação de P do solo e com isso “construir sua fertilidade”. Resultados de pesquisa indicam que a aplicação localizada de fontes de P causa produtividade semelhante à obtida com a fosfatagem, mas com doses de P bem menores; neste caso, privilegia-se o dreno-planta e não o dreno-solo. Discute-se ainda sobre a muito limitada reversibilidade do P não-lábil formado pelo “envelhecimento” do P aplicado e sobre a renovação do poder adsorptivo do solo. Finalmente, enfatiza-se a importância do desenvolvimento de novas tecnologias como a utilização de nano partículas de Hidróxidos Duplo Lamelares (HDL) ou de “biocharcoal”, com alterações químicas que os transformam em excelentes drenos de P de águas eutrofizadas, residuárias ou até mesmo do mar, para seu reuso (reciclagem) em uma nova produção agrícola.

Palavras-Chave: difusão de fósforo, fixação de fósforo, fosfatagem, reuso de fósforo

Abstract: We discuss in this paper the adsorption (fixation) of phosphorus (P) in highly weathered soils of the tropics, in order to understand processes and practices that optimize the use of the limited global reserves of this nutrient for agricultural production in the tropics. This discussion involves the understanding of purposes and practices that minimize P fixation by soil and favors the plant to maintain productivity with lower doses of this nutrient. Among these effects, it discusses about the content and mineralogy of the clay fraction of the soil responsible for the great power of fixing P and about physical and chemical properties of the soil, natural or induced by its management. Thus, it is discussed about the effects related to chemical changes in the soil that interfere with its charge density, such as liming and the increase in the organic matter content, and about those related to physical changes such as compaction and soil moisture that interfere with the diffusion of P. It is emphasized as the convenience of localized application of soluble P sources or even of rock phosphate regarding phosphating, this in order not necessarily economic to saturate the power of fixing the soil P and thus "build its fertility". Research results indicate that the localized application of P sources presents productivity similar to that obtained with phosphating, but with much lower doses of P; in this case, emphasis is considered on the drain-plant and not on the drain-soil. It is also discussed the much low reversibility of non-labile P formed by the "aging" of the applied P and the renewal of the adsorptive soil power. Finally, it is emphasized the importance of developing new technologies with the use of nanoparticles of Hydroxides Double Lamellar (HDL) or of "biocharcoal", with chemical changes that transform them in excellent P drains of eutrophic water, wastewater or even of sea water, for its reuse in a new agricultural production.

Key Words: phosphorus diffusion, phosphorus fixation, phosphating, phosphorus reuse

Introdução

Recente artigo publicado em Nature Plants (Roy et al., 2016) trata das finitas reservas mundiais de P e a grande fixação deste elemento em solos tropicais, e questiona sobre seu alto custo para a produção agrícola nessas condições, comparadas àquelas obtidas em condições de clima temperado. Literalmente, acrescentam: *“Here we use farm-, state- and national level data from Brazil to understand how much inorganic phosphorus fertilizer, derived from finite resources of phosphate rock, has been needed to intensify agriculture on Brazil’s phosphorus-fixing soils”*(p.1). Mais adiante, na linha de pensamento que a produção agrícola nos trópicos pode ter um custo insustentável ao Planeta, os autores desse artigo acrescentam: *“Relying on high-input, intensive tropical agriculture to support global food supply carries long-term risks. The Earth’s upper crust has limited stocks of high-quality phosphate rock and the possible fuels used along the fertilizer supply chain”*(p.5). Argumentam que fazendeiros do Mato Grosso aplicam aproximadamente duas vezes mais P por unidade de área para a produção de soja que seus competidores nos Estados Unidos.

Esse artigo nos remete ao uso de combustível fóssil pelos grandes carros americanos, de modo mais evidente nos últimos 50 anos do século passado, com um consumo de um litro de gasolina para três quilômetros rodados. O resto do mundo preocupava-se com as limitadas reservas mundiais de petróleo e esse gasto aparentemente desnecessário. Novas tecnologias foram desenvolvidas e o consumo de combustível dos novos carros diminuiu pelo menos quatro vezes – o preço do petróleo caiu.

O problema da alta fixação de P em solos tropicais, embora sem sucedâneo para o P como também não há para a fome no mundo, contrário ao que ocorre com o petróleo, estimula novas pesquisas de modo a aumentar a eficiência de uso do P nas condições tropicais. Deve-se ainda considerar que os valores de fixação de P em solos em condições