

ADUBAÇÃO DE SISTEMAS E PRODUTIVIDADE DE CULTURAS

Anderson Clayton Rhoden¹,

Guilherme Lucas Scherer²

Resumo

A adubação de sistemas consiste em antecipar a adubação da cultura para que os nutrientes, via processo de ciclagem através da atividade biológica, resíduos culturais, fezes e urina de animais em pastejo, possam ser disponibilizados à cultura subsequente. O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre a manejo da adubação de sistema em pastagens cultivadas no inverno e cultura de grãos cultivadas no verão. A adubação de sistemas visa o fornecimento de nutrientes à cultura de inverno com o intuito de que a ciclagem promova a liberação destes à cultura de verão. A adubação nitrogenada da pastagem permite maior crescimento radicular e da parte aérea, promovendo maior carga animal, ganho de peso e produtividade. A adubação da pastagem, os resíduos vegetais e a deposição de fezes e urina por bovinos em pastejo maximiza a atividade biológica do solo, a entrada de C e N e a ciclagem de nutrientes para a cultura de grãos no verão, o que resulta em maior produtividade. A adubação de sistemas é uma técnica promissora desde que a pastagem de inverno seja adubada, principalmente com N, o que permite, via processo de ciclagem de nutrientes, o fornecimento destes à cultura de grãos no verão.

Palavras-chave: Nitrogênio. Ciclagem de nutrientes. Componente animal. Produtividade.

Introdução

O aumento na demanda por alimentos sem a necessidade de abertura de novas áreas exige que a produção agropecuária seja mais eficiente. O uso eficiente dos fatores de produção é preponderante para a sustentabilidade do agronegócio e, para tal, é fundamental o uso de técnicas e de conhecimento para obter maior produtividade dos cultivos e, ao mesmo tempo, propiciar redução dos impactos ambientais.

Os novos sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) buscam integrar a agricultura à pecuária no mesmo local, potencializado o uso do solo e dos recursos naturais, gerando maior produtividade e rentabilidade por unidade de área (MACCARI, 2016). Carvalho *et al.* (2010) e Balbinot Júnior *et al.* (2009) apontam que é preponderante o uso do sistema plantio direto, o uso racional das pastagens e a rotação de culturas, o que aumenta, de forma sustentável, a produtividade. Assmann *et al.* (2018) destacam que nesses sistemas pode-se aumentar a produção de pasto e a pecuária, tornando a atividade viável de menor risco em função das variáveis climáticas e, para Lopes *et al.* (2009) e Balbinot Júnior *et al.* (2009), em uma mesma área da propriedade rural é possível integrar a produção de grãos no verão com a pecuária no inverno.

¹ Doutor, Professor no curso de Agronomia da UCEFF, Itapiranga, SC. E-mail: andersonrhoden@uceff.edu.br

² Acadêmico do curso de Agronomia da UCEFF, Itapiranga, SC, Empresa ASX Drones.

Moraes *et al.* (2014) destacam que os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) tornaram-se uma alternativa viável para intensificar e diversificar a produção nas propriedades rurais, pois permite a rotação de culturas, a recuperação dos solos e das pastagens degradadas, com aumento na eficiência de uso do solo e melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos. Segundo Carvalho *et al.* (2010), as vantagens ocorrem em função da relação sinérgica entre os componentes do sistema solo-planta-animal, que compõem os sistemas integrados de produção.

Os sistemas de ILP, de acordo com Assmann *et al.* (2018), são uma importante estratégia na busca por sistemas de produção menos intensivos no uso de nutrientes, o que pode ocorrer através da ciclagem de nutrientes entre a pastagem e a cultura de grãos e pela adoção da adubação de sistemas. Para os mesmos autores, a adubação de sistema consiste em adubar o sistema de culturas e não somente a cultura atual visando a ciclagem de nutrientes e, por isso, benefício mútuo entre os cultivos.

O objetivo do trabalho consiste em revisão de literatura sobre a manejo da adubação de sistema em pastagens cultivadas no inverno e cultura de grãos cultivadas no verão.

Adubação de sistemas

A adubação de sistemas, de acordo com Assmann, Assmann e Assmann (2008), busca a máxima eficiência no uso dos nutrientes através da ciclagem promovida pela atividade biológica do solo, o que permite reduzir as entradas de insumos externos, minimizando as perdas e melhorando a fertilidade do solo, o que é possível quando se maneja a adubação considerando todas as culturas. A adubação de sistemas visa o fornecimento de nutrientes à cultura de inverno com o intuito de que a ciclagem promova a liberação destes à cultura de verão, desta forma, a adubação da pastagem no inverno promoverá seu crescimento, resultando em cobertura do solo, uso dos nutrientes e ganho de peso de animais em pastejo e, ao final do ciclo, a manutenção dos restos culturais, somado a deposição de fezes e urina dos animais, maximizará a atividade biológica e com isso a ciclagem dos nutrientes no sistema, permitindo a nutrição da cultura de grãos no verão (BORTOLLI, 2016; BALBINOT JÚNIOR *et al.*, 2009) ASSMANN *et al.*, 2018).

Sistemas integrados de produção agropecuária tendem a apresentar maior eficiência na ciclagem devido a presença do componente animal em pastejo e que pode reduzir, em

parte, a necessidade de adubação da cultura de grãos subsequente (ASSMANN *et al.*, 2018). Desta forma, a adubação de sistemas considera as culturas envolvidas na rotação e a sequência de cultivos visando a ciclagem dos nutrientes, ou seja, perpassa as safras agrícolas.

O manejo da adubação nos SIPA preconiza a adubação da pastagem no inverno visando a produção animal e a cultura subsequente através da ciclagem dos nutrientes, permitindo a antecipação da adubação da cultura de grãos, principalmente o N, minimizando as perdas que tendem a ocorrer no verão (ASSMANN *et al.*, 2018; BORTOLLI, 2016; MACCARI, 2016; SOARES *et al.*, 2018), o que, segundo Sartor *et al.* (2014), minimiza o custo de produção e os impactos ambientais. Todavia, Anghinoni *et al.* (2013) destacam que pastejos moderados promovem maior fertilidade do solo devido a ciclagem de nutrientes pelo aporte de resíduos vegetais, todavia, em sistemas com maior intensidade de pastejo há menos resíduos, o que pode comprometer o sistema e aumentar dependência de adubação mineral.

Rhoden *et al.* (2017) verificaram em um sistema de ILP que a adubação nitrogenada da pastagem cultivada no inverno resultou em aporte de restos culturais sobre o solo e maior ciclagem de N, aumentando a produtividade do feijoeiro cultivado no verão, demonstrando que a adubação de sistemas foi positiva. Para Assmann *et al.* (2002), é fundamental proceder a adubação nitrogenada da pastagem e controlar a intensidade de pastejo para manter a capacidade produtiva do sistema. Assmann *et al.* (2003) destacam que bovinos em pastejo atuam nas transformações, na taxa de ciclagem e na disponibilidade de nutrientes, alterando a resposta das plantas, promovendo crescimento do sistema radicular mais vigoroso em busca de água e nutrientes, o que melhora a condição de solo e a ciclagem dos nutrientes entre os cultivos.

Ao avaliar a influência do pastejo e a contribuição da adubação nitrogenada do consórcio aveia, azevém e trevo branco sobre o rendimento do feijoeiro, Bona Filho (2002) observou que os animais em pastejo não reduziram a produtividade do feijoeiro, destacando que há efeito positivo do pastejo sobre a transferência de N da fase pastagem para a fase cultura de grãos. Alves *et al.* (2015) e Assmann *et al.* (2018) afirmam que a presença de plantas, de resíduos vegetais e de raízes são fundamentais para a ciclagem do N da pastagem para a cultura de grãos. Plantas de milho cultivadas em áreas que receberam 300

kg de N ha⁻¹ na pastagem não responderam à adubação nitrogenada de verão em cobertura, o que foi atribuído ao efeito residual da adubação nitrogenada no inverno (ASSMANN, 2001). Sartor *et al.* (2014) evidenciaram efeito residual do N na produtividade do milho devido a adubação nitrogenada da pastagem. Maccari (2016) avaliou a matéria seca acumulada do milho em um sistema de ILP cultivado sobre aveia no inverno pastejada por bovinos de corte e observou que a adubação nitrogenada da pastagem resultou na produção de 17,9 t de MS ha⁻¹, todavia, quando o N foi aplicado somente na cultura do milho o acúmulo de MS foi de 15,9 t ha⁻¹. Esse incremento de produtividade pode ser atribuído a ciclagem do N aplicado da pastagem para a cultura de grãos, afirmando a relevância da adubação de sistemas.

Assmann *et al.* (2002) destacam que 65% do nitrogênio, fósforo e potássio absorvidos por bovinos são excretados via fezes e urina, o que aponta para a vantagem dos SIPA na ciclagem de nutrientes que promovem incremento na biomassa vegetal da pastagem que, após pastejo, promove retorno dos nutrientes ao solo via fezes e urina, podendo ser absorvidos novamente pela pastagem e retornando à produção animal, reafirmando que a ciclagem é fundamental para o sucesso do sistema. Essa importante e rápida ciclagem de nutrientes é maximizada dentro do sistema solo-planta-animal, sendo o animal componente desta dinâmica (ASSMANN; ASSMANN; ASSMANN, 2008). Essa condição estabelecida nos sistemas de ILP promove aumento da população microbiana, que temporariamente pode imobilizar o N, minimizando perdas, todavia, devido a rápida ciclagem dos microrganismos no solo há mineralização do N, o que caracteriza o processo de ciclagem de nutrientes, resultando na adubação de sistemas.

Devido a dinâmica e complexidade do N no sistema solo-planta-animal, é fundamental maximizar a ciclagem do N entre os diversos componentes do sistema, o que ocorre quando um mesmo átomo de N aplicado ao solo via fertilizante químico, por exemplo, ureia, é solubilizado e absorvido pela pastagem e os animais em pastejo utilizam este N na produção de carne ou leite e este mesmo átomo de N retorna ao solo via fezes e urina, podendo, temporariamente, ficar imobilizado na biomassa microbiana ou absorvido pela pastagem, e que novamente sob pastejo de animais, podem utilizar este N que, na sequência, retornará ao solo via fezes e urina ou resíduos vegetais, com a possibilidade de absorção, agora, pelos cultivos subsequentes. Neste momento pode-se afirmar que a

ciclagem do N entre os componentes do sistema foi eficiente, permitindo a produção de pasto, o ganho de peso dos animais e a produção da cultura de grãos subsequente, reduzindo a dependência de N de fontes externas, tornando o ambiente mais sustentável, produtivo e equilibrado, corroborando à maior eficiência no uso do N e a adubação de sistemas.

Manejo da adubação e da pastagem em sistemas de integração lavoura-pecuária

Os sistemas integrados de produção agropecuária apresentam dinâmica diferente quando comparados aos sistemas que abrangem somente a produção de grãos ou animal. Quando se integram sistemas de produção há uma alteração importante devido ao sinergismo entre as partes deste sistema, neste caso, o solo, a planta e o animal (CARVALHO *et al.*, 2010), o que, segundo Anghinoni *et al.* (2011), promove comportamento diferenciado dos nutrientes, pois estes ciclam entre os compartimentos do sistema, retornando ao solo pela deposição de fezes e urina dos animais e resíduos vegetais da pastagem.

A adubação nitrogenada da pastagem no inverno apresenta diversos benefícios ao sistema de ILP, dentre os quais, Sandini *et al.* (2011), Soares *et al.* (2015) e Assmann *et al.* (2018) destacam que no inverno o preço dos fertilizantes nitrogenados é inferior as demais épocas do ano; no inverno as perdas de N por volatilização são menores devido às temperaturas amenas, menor radiação solar e chuvas menos intensas; a produção animal é incrementada devido a maior massa de forragem produzida por ser de melhor qualidade; as culturas de inverno apresentam menor espaçamento e maior população de plantas, o que promove maior cobertura do solo e densidade de raízes para a absorção do N, reduzindo as perdas; pastagens de gramíneas apresentam sistema radicular fasciculado e desenvolvido, com capacidade para explorar o solo, aumentando a possibilidade de absorção do N.

Ao avaliar os benefícios químicos, físicos, biológicos, econômicos e ambientais que um sistema de produção pode proporcionar, é fundamental que se realize o manejo visando todo o sistema, o que vem de encontro a uma nova estratégia de adubação, a adubação de sistemas (SOARES *et al.*, 2015). Assmann (2001) e Sandini *et al.* (2011) destacam que a aplicação do N na fase pastagem de um sistema de ILP incrementa a produção de forragem, com maior potencial de produção animal, além do efeito residual do N da fase pastagem para a fase cultura de grãos, subsequente à pastagem. Em função disso, Pellegrini *et al.*

(2010) avaliaram a produção de MS de azevém em função de doses de N (0; 75; 150; 225 kg ha⁻¹) sob pastejo de cordeiros e evidenciaram que o aumento na dose de N promoveu maior produção de forragem, com incremento de 29 kg ha⁻¹ de MS a cada 10 kg de N aplicados. O sucesso do sistema de ILP, segundo Assmann e Pin (2008), depende de duas estratégias de manejo, o ajuste da pressão de pastejo ou intensidade de utilização da pastagem e da adubação da pastagem, fundamentalmente a nitrogenada, pois promove crescimento, produtividade e qualidade de pasto. Na maioria das situações típicas em propriedades rurais, a adubação da pastagem ainda é vista como cara e em muitos casos desnecessária, o que resulta no esgotamento da fertilidade do solo e na degradação da pastagem, prejudicando toda a dinâmica do sistema solo-planta-animal (LUSTOSA *et al.*, 2011).

Assmann e Pin (2008) destacam que o manejo da pastagem, em muitos casos, não é realizado de forma correta, com pastejo excessivo e elevada carga animal, além da não adubação para reposição dos nutrientes, o que resulta em degradação química, física e biológica, comprometendo o sistema de ILP. Aiolfi (2018) e Macari (2016) destacam que em sistemas de ILP a adubação nitrogenada e a presença de animais em pastejo promovem benefícios a todo o sistema, principalmente pela ciclagem de nutrientes. O manejo correto do pasto em sistemas integrados de produção, segundo Kunrath *et al.* (2015), é decisivo, não somente para a obtenção de elevados rendimentos na fase pastagem e produção animal, mas também para permitir elevados rendimentos quando iniciada a fase lavoura, desde que evitados baixas ou elevadas taxas de lotação.

O manejo adequado da pastagem é fundamental para o sucesso da ILP, principalmente em relação a adubação e altura do pasto. Pastos manejados em alta altura ou menor intensidade de pastejo resultam em maior quantidade de matéria seca, com possibilidade de alocação interna do N pelas plantas e menor dependência de fontes externas, já em pastos manejados em baixa altura ou maior intensidade de pastejo, há menor quantidade de matéria seca das plantas, o que torna estas dependentes de fontes externas de N para recuperação da parte aérea e retomada do processo fotossintético (ASSMANN, 2002; BALBINOT JÚNIOR *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2008).

Silva *et al.* (2008) e Anghinoni *et al.* (2013) destacam que em sistemas de ILP os animais em pastejo modificam os fluxos dos nutrientes na pastagem, devido consumo de forragem, senescência e deposição de material vegetal, bem como pela adição de fezes e

urina, atuando de maneira importante sobre a disponibilidade e ciclagem do N. A presença dos animais em pastejo causa heterogeneidade no solo, na pastagem e na deposição de fezes e urina (ASSMANN *et al.*, 2018), portanto, o ajuste da carga animal e da intensidade de pastejo é fundamental para evitar a degradação do pasto (MORAES *et al.*, 2014).

A relação altura do pasto e massa de forragem configuram importantes ferramentas de manejo, pois ao controlar a altura pode-se, indiretamente, controlar inúmeros componentes do sistema (KUNRATH *et al.*, 2015). Sartor (2011) destaca que a intensidade de pastejo está diretamente ligada a capacidade de absorção de nutrientes pela pastagem, o que influenciará sua capacidade de rebrote e qualidade. A adubação da fase pastagem em sistemas de ILP, muitas vezes, é negligenciada devido ao pensamento de que a pastagem se beneficiará da adubação da lavoura, sendo, portanto, dispensável. Além da falta de adubação, a carga animal elevada leva ao processo de degradação da pastagem (CARVALHO *et al.*, 2010). Para maximizar o uso do N pelas plantas, é fundamental fazer o adequado manejo da adubação nitrogenada, aplicando a quantidade necessária para garantir elevada produção de biomassa vegetal, o que potencializa o efeito do N sobre a forrageira e a produção de matéria seca.

Conforme Lupatini *et al.* (1998), além da adubação de base com N, P e K, a adubação nitrogenada em cobertura no perfilhamento das pastagens anuais de inverno favorece a antecipação do início do pastejo, pois promove incremento na produção de MS e melhora a qualidade da forragem. Todavia, Cassol *et al.* (2011) destacam que na maioria das propriedades rurais os produtores fazem maior investimento em adubação na cultura de grãos com o intuito de obter elevada produtividade, não adubando, e quando muito, utilizando subdoses na pastagem, crendo em um possível efeito residual da adubação da cultura de grãos sobre a pastagem. Este manejo apresenta um erro grave, pois compromete o crescimento e a produtividade da forrageira. No Brasil, segundo Balbinot Júnior *et al.* (2009), ainda há muitas áreas que ficam em pousio no inverno, sujeitas a perdas de solo por erosão, presença de plantas invasoras, menor entrada de C e N no sistema, o que afeta diretamente a qualidade do solo. Neste caso, a adoção do sistema de ILP no inverno tornaria o uso da área mais intensivo e sustentável ao longo do tempo, desde que bem manejado.

Ao avaliar a produção animal e a MS de aveia branca consorciada com azevém na ausência e presença de trevo branco em sistema de ILP, Assmann *et al.* (2004) evidenciaram

aumento de 76% na taxa de acúmulo de MS da mistura forrageira, com aumentos significativos na produção de MS, carga animal e ganho de peso ha^{-1} com a aplicação de 300 kg de N ha^{-1} . Soares e Restle (2002), ao avaliar a produção animal e a qualidade da forragem de triticale e azevém submetidas a doses de N, evidenciaram aumento na produção de MS e no teor de proteína bruta, porém, doses superiores a 300 kg ha^{-1} resultaram em perdas de N por lixiviação, com menor eficiência no uso do N. Em função disso, Carvalho *et al.* (2007) destacam que é fundamental aplicar doses corretas de N às culturas, minimizando excessos e perdas que resultam em impactos ambientais e aumento do custo de produção. Ao avaliar a produção de forragem de azevém, Aiolfi (2018) evidenciou que, independentemente da altura de pasto, quando a pastagem recebeu adubação nitrogenada houve maior produção, mas quando a adubação nitrogenada foi aplicada somente na cultura de verão, houve menor produção da pastagem, o que indica que a adubação realizada na cultura de grãos não supriu a necessidade em N da pastagem. Da mesma forma, Bernardon (2016) evidenciou que a adubação nitrogenada da cultura de grãos anterior à pastagem não apresentou efeito residual para sustentar elevadas produções de forragem.

Ao avaliar a intensidade de pastejo e a antecipação da adubação nitrogenada em pastagem de aveia preta, Rissi (2015) constatou que a oferta de forragem teve acréscimo de 20% quando a pastagem recebeu adubação nitrogenada. Destacou que para maiores produções de forragem é fundamental proceder a adubação da pastagem, pois o efeito residual da cultura de grãos anterior à pastagem praticamente não ocorre, o que compromete a produção de pasto e o sistema. Follmann (2015) ao avaliar a dinâmica do N mineral em função da adubação nitrogenada da pastagem e do milho em sistema de ILP, evidenciou que o N aplicado na pastagem apresenta efeito residual para a cultura de grãos no verão, sendo este efeito atrelado ao sistema que permite adequada nutrição nitrogenada da pastagem de inverno e a presença de animais em pastejo.

A adubação da pastagem de inverno permite maior produção de forragem e animal (SOARES; RESTLE, 2002), menor probabilidade de perdas de N via volatilização da amônia (LIMA, 2018), maior diversidade e ativação da microbiota do solo (ASSMANN *et al.*, 2018) e eficiência no uso do N (BERNARDON, 2016). Toda a dinâmica do crescimento dos pastos que se observa acima do solo também acontece abaixo dele, no sentido de que o crescimento das raízes está diretamente relacionado ao crescimento da parte aérea da planta (KUNRATH

et al., 2015). Piazzetta *et al.* (2014) destacam que a remoção de parte das folhas pelo pastejo estimula a planta a promover o crescimento radicular na busca por água e nutrientes, o que resulta na recuperação da parte aérea e retomada do processo fotossintético. Já em áreas com baixa intensidade de pastejo ou sem pastejo, Kunrath *et al.* (2015) destacam que praticamente não há renovação da parte aérea, resultando em pequena produção e crescimento de raízes, gerando perdas de nutrientes no sistema.

Para Alves *et al.* (2015), em sistemas de ILP, quanto maior a quantidade de resíduos da parte aérea e das raízes, maior será o volume de nutrientes ciclados entre a fase pastagem e a fase lavoura, o que permite afirmar que os resíduos vegetais, segundo Assmann *et al.* (2018) e Levinski-Huf (2018), são importantes meio de transporte dos nutrientes da fase pastagem para a fase lavoura. Os autores destacam que bovinos sob pastejo promovem transformações nas formas e na dinâmica dos nutrientes, corroborando a ciclagem e o processo de mineralização e imobilização, estando esse processo atrelado, segundo Anghinoni *et al.* (2011), a entrada de fezes e urina pelos animais e a presença de resíduos vegetais sobre o solo. Além da adubação nitrogenada, a intensidade de pastejo e a interação entre estes é fundamental para o equilíbrio do ecossistema.

O manejo adequado da pastagem no inverno é fundamental para que esta não se torne um entrave ao sistema, ou seja, é relevante que ao final do período de pastejo se tenha palhada para cobertura do solo e fornecimento de carbono como importante premissa do plantio direto, e que o pisoteio dos animais não resulte em compactação do solo, o que remete em adequação da carga animal em função da disponibilidade de pasto (SOARES *et al.*, 2015). O manejo adequado da pastagem recorre sobre a necessidade de uso de cultivares melhorados, adequada densidade e profundidade de semeadura, ajuste da carga animal e da altura de pastejo buscando adequada intensidade de pastejo, além da adubação da pastagem (LUSTOSA *et al.*, 2011). A presença constante dos animais na fase pastagem e a retirada destes para a produção de resíduos vegetais ao final do ciclo de pastejo é fundamental para a atendimento aos preceitos do plantio direto e ciclagem dos nutrientes (ASSMANN *et al.*, 2008). Nesta situação, evidencia-se que há grande possibilidade de ciclagem do N via fezes e urina dos animais e resíduos vegetais, os quais apresentam diferentes velocidades de decomposição e mineralização dos nutrientes (LEMAIRE *et al.*,

2008; LEMAIRE *et al.*, 2014), os quais serão fornecidos as culturas ao longo do tempo, caracterizando a adubação de sistema.

O adequado manejo da pastagem no inverno pode promover efeito residual do N à cultura de grãos no verão, criando uma interface entre os sistemas de cultivo, corroborando a redução das perdas, mediado por microrganismos do solo, o que potencializa a ciclagem dos nutrientes e a absorção pelo cultivo subsequente, resultando em um sistema autorregulado. Em sistemas de ILP, a dinâmica de decomposição dos resíduos remanescentes no solo é alterada pela presença do componente animal, uma vez que o mesmo provoca aumento na velocidade de retorno ao solo, atuando como catalisador das reações (ANGHINONI *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2015). As deposições constantes de fezes e urina no solo e a presença de raízes e palhada maximizam a atividade biológica (ANGHINONI *et al.*, 2011), resultando em imobilização e mineralização dos nutrientes, promovendo, desta forma, a ciclagem entre as fases do sistema de cultivo (LEMAIRE *et al.*, 2008).

Visando os benefícios e maior produtividade dos sistemas de ILP, é fundamental o planejamento dos ciclos de cultivos para maximizar a produção de pasto, dos animais e da cultura de grãos. Após a fase pastagem no inverno e a retirada dos animais da área, é fundamental o rápido estabelecimento da cultura de grãos no verão. Nesse sentido, o feijoeiro é uma planta que apresenta boa adaptação aos sistemas de ILP, pois possui ciclo relativamente curto, pode ser cultivado na estação das águas e na estação das secas, além de proporcionar elevadas produtividades quando manejado adequadamente. O feijoeiro é uma leguminosa, todavia, possui restrita capacidade de fixação biológica de N, o que resulta na necessidade de adubação nitrogenada visando atingir adequado estado nutricional para obter elevadas produtividades. O feijoeiro cultivado após a pastagem de inverno pode se beneficiar dos nutrientes advindos da adubação da pastagem, da deposição de fezes e urina pelos animais e dos resíduos vegetais através do processo de ciclagem de nutrientes e adubação de sistemas. O N apresenta uma complexa dinâmica no solo, sofrendo influência direta das condições ambientais e da atividade biológica e a avaliação do estado nutricional das plantas pode ser uma estratégia relevante visando aproximar a necessidade da planta em N à época e dose de adubação e com isso avaliar a ciclagem do N de um cultivo para o outro e a adubação de sistemas.

Manejo da adubação e da cultura da grãos em sistemas de integração lavoura-pecuária

Na região Sul, as culturas do milho e feijão são importantes alternativas de uso em áreas agrícolas e de renda ao produtor rural (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009), todavia, a soja ainda é a principal cultura. As produtividades das culturas no verão podem ser maximizadas quando se adota os sistemas de ILP, principalmente quando a cultura de grãos no verão é precedida por uma cultura de inverno sob pastejo (ASSMANN *et al.*, 2018; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2011; SANDINI, 2009; SOARES *et al.*, 2015). Ao avaliar a influência do pastejo e da adubação nitrogenada residual da pastagem de inverno do consórcio aveia, azevém e trevo branco no rendimento de feijoeiro, Bona Filho (2002) evidenciou que o pastejo não reduziu a produtividade da cultura, e que para maximizar a produção animal e vegetal a melhor combinação foi a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N na pastagem e 80 a 120 kg ha⁻¹ no feijoeiro. Esse manejo permite efeito positivo da adubação de sistemas devido a transferência de N da fase pastagem para a cultura de grãos.

Assmann *et al.* (2018) destacam que a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo e a deposição de fezes e urina pelos animais favorecem a atividade biológica no solo e a mineralização do N, maximizando a ciclagem de nutrientes e o fornecimento de N ao longo do ciclo da cultura subsequente. Destacam também que esse fenômeno de ciclagem dos nutrientes entre as fases de um sistema quando manejado em ILP é possível devido ao efeito de memória do solo em que experimentos realizados ao longo dos anos evidenciam que as parcelas que recebem adubação nitrogenada e mantidas sob pastejo promovem maior ciclagem de nutrientes, com aporte de N via adubação, fezes e urina dos animais, fazendo com que a microbiota do solo seja ativada, resultando em ciclagem do N entre as culturas. A condição de ciclagem de nutrientes entre as fases de um sistema pela palhada residual da pastagem e a deposição de fezes e urina pelos animais tem promovido aumento na produtividade de culturas de grãos (CARMONA *et al.*, 2018; BORTOLLI, 2016; LEVINSKI-HUF, 2018; MACCARI, 2016). Além disso, a aplicação antecipada de fertilizantes pode ser uma alternativa para tornar mais rápida à operação de semeadura da próxima cultura, flexibilizando o cronograma operacional da propriedade (ASSMANN *et al.*, 2018).

Ao avaliar a produtividade do milho em área de ILP, Assmann *et al.* (2003) verificaram que quando a pastagem foi adubada com 300 kg ha⁻¹ de N, não se obteve aumento na produtividade de milho pela aplicação de mais N na cultura. Nesse manejo a produção de

grãos foi de 10.006 kg ha⁻¹, indicando que grande parte do N aplicado no inverno estava disponível para a cultura de grãos no verão. Bortolli (2016) não observou aumento na produção de milho ao aplicar diferentes doses de N quando a pastagem recebeu 200 kg ha⁻¹, tanto em baixa como em alta intensidade de pastejo. O autor destaca que a produtividade de milho foi 14,7% maior nos tratamentos em que a pastagem recebeu N em relação aos tratamentos que receberam N apenas no milho. A adubação nitrogenada em cobertura do feijoeiro promove benefícios nos componentes do rendimento e na produtividade, todavia, quando a cultura antecessora, no caso o milho, recebeu adubação nitrogenada nas doses entre 120 a 150 kg de N ha⁻¹, Garcia *et al.* (2006) evidenciaram incremento na produtividade do feijoeiro. Silveira *et al.* (2005) também observaram efeitos positivos da adubação nitrogenada da cultura antecedente sobre a produtividade do feijoeiro em sucessão.

Sistemas manejados com cobertura de solo ou com pastagens anuais não afetam a produtividade do feijoeiro quando cultivado em sucessão, todavia, visando maximizar a lucratividade do sistema, Balbinot Junior *et al.* (2012) recomendam a utilização do pastejo nessas áreas visando a diversificação da produção e da renda. Quando se adota sistemas intensivos com remoção da palhada e dos nutrientes, como o milho para silagem, Levinski-Huf (2018) destaca que a retirada da planta inteira impossibilita, de certa forma, a ciclagem de nutrientes. Também, verificaram que o feijão das secas cultivado após o milho silagem não resultou em efeitos positivos da memória do solo, destacando que nas parcelas em que a pastagem não recebeu adubação nitrogenada em cobertura e as plantas foram mantidas em alta altura, o feijoeiro conduzido após o milho silagem apresentou menor número de vagens planta⁻¹, o que pode estar atrelado a um ambiente deficiente em nutrientes, prejudicando a produção de vagens do feijoeiro.

A adubação nitrogenada da pastagem de inverno proporcionou incremento na produção de forragem e na produtividade animal, influenciando positivamente a produção de feijão como cultura subsequente (BONA FILHO; PELISSARI, 2003). Da mesma forma, Silveira *et al.* (2012) observaram que a adubação nitrogenada da aveia sob pastejo resultou em maior produtividade de milho em relação as áreas não pastejadas. Assmann *et al.* (2003) e Sandini *et al.* (2011) ao avaliar doses de N aplicadas em pastagem anual de inverno em sistema de ILP, evidenciaram que a produtividade de milho cultivado após a pastagem, mesmo recebendo 200 kg de N ha⁻¹, não resultou em incremento de produção em relação as

parcelas que receberam N somente no inverno, o que demonstra o potencial de ciclagem do N entre as fases de um sistema de ILP quando a cultura de inverno recebe adubação nitrogenada.

Ao avaliar a antecipação da adubação nitrogenada para o milho, sendo esta realizada na pastagem de inverno pastejada por ovinos, Alves *et al.* (2015) evidenciaram que a aplicação de 75 kg ha^{-1} de N comprometeu a produção da pastagem e da lavoura, afirmando que esta dose resulta num sistema pouco nutrido. Já Andreolla *et al.* (2015) verificaram incremento na produtividade de milho em áreas pastejadas ($10.220 \text{ kg ha}^{-1}$), com exceção do tratamento sem aplicação de N (9.636 kg ha^{-1}), concluindo que a aplicação de pelo menos $150 \text{ kg de N ha}^{-1}$ promove maior produção da pastagem e de milho. Silva *et al.* (2014) destacam que a presença de animais em pastejo em sistemas de ILP atuam diretamente sobre a ciclagem de nutrientes para as culturas subsequentes, pois o pastejo estimula o crescimento das plantas e a absorção de nutrientes do solo, a deposição de fezes e urina promove o retorno de nutrientes ao solo e com isso sua ciclagem. Nesse sentido, manter o pasto em baixa altura devido a maior carga animal potencializa a ciclagem de nutrientes pela entrada de fezes e urina, já a manutenção do pasto em alta altura, devido a menor carga animal, resulta em maior senescência de plantas, intensificando de outra forma a ciclagem de nutrientes via decomposição foliar.

De forma suscita, a adubação nitrogenada da pastagem em sistemas de ILP resulta em maior produção de biomassa com aporte de carbono (C) no sistema, o que promove melhoria da qualidade do solo, ciclagem de nutrientes e produtividade da fase lavoura. Todavia, abdicar da adubação da pastagem em virtude da crença de que esta irá se beneficiar da adubação realizada na cultura de grãos poderá gerar consequências negativas ao sistema, tais como menor produção de forragem, menor ciclagem de nutrientes, menor aporte de C ao solo, o que poderá resultar em menor produtividade do sistema (ANGHINONI *et al.*, 2011; BERNARDON, 2016; ASSMANN *et al.*, 2018).

Nesse sentido, Anghinoni *et al.* (2011), Assmann *et al.* (2008), Gastal *et al.* (2015), Lemaire *et al.* (2014) e Sandini *et al.* (2011), destacam que a adubação nitrogenada, além de aumentar o rendimento de forragem, pode melhorar o desempenho das culturas semeadas em sucessão devido o aproveitamento do N residual, destacando que os sistemas de ILP

surgem como uma estratégia promissora para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e, por vez, mais sustentáveis ao longo do tempo.

Conclusão

Os sistemas integrados de produção agropecuária, em especial a integração lavoura-pecuária, permite maximizar o uso do solo mediante ciclagem de nutrientes, produção da pastagem e de bovinos no inverno e produção da cultura de grãos no verão.

A adubação de sistemas funciona quando se intensifica o uso do solo com a produção de bovinos sob pastejo no inverno, pois o pastejo promove maior crescimento da parte aérea e do sistema radicular da cultura, explorando o solo e absorvendo mais nutrientes.

A retirada dos animais da pastagem para crescimento e produção de resíduos sobre o solo permite manter as premissas do plantio direto e maximizar a ciclagem de nutrientes.

A adubação da pastagem no inverno mantida sob pastejo por bovinos promove maior disponibilidade de pasto, assim, os animais deixam no solo urina e fezes junto com resíduos da pastagem, promovendo entrada de carbono e a ciclagem de nutrientes.

A adubação da pastagem no inverno promove incremento de matéria seca e ciclagem de nutrientes, especialmente o N, para a cultura de grãos no verão, já a ciclagem de nutrientes da cultura de grãos no verão para a pastagem no inverno não é eficiente.

Referências Bibliográficas

- AIOLFI, R. B. **Intensidade de pastejo e épocas de adubação nitrogenada em sistemas integrados de produção agropecuária**. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2018.
- ANDREOLLA, V. R. M.; MORAES, A.; BONA FILHO, A.; SANDINI, I. E; BONINI, A.; DEISS, L. Pastejo e nitrogênio no azevém sobre a qualidade física do solo e produtividade do feijão. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.1, p.11-26, 2015.
- ASSMANN, T. S.; MARTINICHEN, D.; LIMA, R. C.; LEVINSKI-HUF, F.; ZORTEA, T.; ASSMANN, A. L.; MORAES, A.; ALVES, S. A. Adubação de sistemas e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: SOUZA, E. D. *et al.* (eds.) **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. 1 ed. Tubarão: Copiart, 2018.

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; ASSMANN, J. M. Ciclagem de nutrientes e adubação. In: ASSMANN, A.L.; SOARES A.B.; ASSMANN, T.S. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, p.16-24, 2008.

ASSMANN, A. L.; PIN, E. A. Manejo de Biomassa. In: ASSMANN, A. L.; SOARES A. B.; ASSMANN, T. S. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, p.11-13, 2008.

ASSMANN, A. L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T. S.; OLIVEIRA, E.; SANDINI, I. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Rev. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.37-44, 2004.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI, J. P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.; KOEHLER, H; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Rev. Bras. Ciên. Solo**, Viçosa, v.27, p.675-683, 2003.

ASSMANN, T. S.; CASSOL, L. C.; ASSMANN, A. L. Manejo da fertilidade do solo (ciclagem de nutrientes) em sistemas de integração lavoura-pecuária. I Encontro de Integração Lavoura Pecuária no Sul do Brasil. **Anais...** Ed: MELLO, N.A.; ASSMANN, T. S. Pato Branco: CEFET-PR, p.61-84, 2002.

ASSMANN, T. S. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção vegetal) - Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ALVES, R. C. *et al.* Suprimento de nitrogênio para culturas de verão pela aplicação antecipada em azevém pastejado por Ovinos. **Rev. Bras. Ciên. Solo**, v.39, p.1406- 1415, 2015.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. In: ARAUJO, A. P.; AVELAR, B. J. R. (eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**, 8ª ed., UFV, Viçosa, p.221-278, 2013.

ANGHINONI, I., ASSMANN, J.M.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E.; CARVALHO, P. C. F. **Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária**. *Informações Agronômicas*, v.136, p.1-10, 2011.

BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* Atributos de solo e produtividade de feijão após diferentes formas de uso do solo no inverno, no quinto ano de experimentação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.3, p.401-406, 2012.

BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.

BERNARDON, A. **Altura do pasto e adubação nitrogenada sobre a produção de forragem e eficiência no uso de nutrientes em sistema de integração lavoura-pecuária**. Dissertação (Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2016.

BONA FILHO, A.; PELISSARI, A. Integração lavoura-pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Scientia Agraria**, v.4, n.1-2, p.81-96, 2003.

BONA FILHO, A. **Integração lavoura x pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Curitiba, 2002.

BORTOLLI, M. A. **Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. Tese (Doutorado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2016.

CARMONA, F. C.; DENARDIN, L. G. O.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. **Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas: a integração lavoura-pecuária como o caminho da intensificação sustentável da lavoura arroseira**. Porto Alegre, 2018.

CARVALHO, P. C. F. *et al.* Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, n.2, p.259-273, 2010.

CARVALHO, P. C. F.; SILVA, J. L. S.; MORAES, A. *et al.* Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. CD-ROM.

CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; SOARES, A. B.; ASSMANN, A. L. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**. Viçosa, v.58, p.438-443, 2011.

FOLLMANN, D. D. **Dinâmica do nitrogênio mineral no solo e produção vegetal em função da adubação nitrogenada da pastagem e do milho em sistema de integração lavoura-pecuária**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação, Guarapuava, 2015.

GARCIA, R. N. *et al.* Influência das culturas de cobertura morta e de nitrogênio sobre componentes produtivos do feijoeiro de inverno em sucessão ao milho. **Científica, Jaboticabal**, v.34, n.1, p.115-122, 2006.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G; DURAND, J. L.; LOUARN, G. Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. **Crop Physiology**. Chapter 8. Elsevier, 2015.

KUNRATH, T. R. *et al.* How much do sod-based rotations reduce nitrate leaching in a cereal cropping system? **Agricultural Water Management**, 150, p.46-56, 2015.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between Agriculture, **Ecosystems & Environment**. v.190, june, p.4-8, 2014.

LEMAIRE, G.; JEUFFROY, M. H.; GASTAL, F. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage, Theory and practice for crop N management. **European Journal of Agronomy**, Taastrup, v.28, n.4, p.614-624, 2008.

LEVINSKI-HUF, F. **Adubação de sistemas e comportamento dos nutrientes em sistema de integração lavoura-pecuária**. Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2018.

LIMA, R. C. **Adubação de sistemas: volatilização de amônia em área de integração lavoura-pecuária em experimento de longa duração**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Pato Branco, 2018.

LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T.; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. P. C.; MORAES, A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da

altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja.

Ciência Rural, v.39, p.1499-1506, 2009.

LUPATINI, G.C.; RESTLE, J.; CERETA, M. *et al.* Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1939-1943, 1998.

LUSTOSA, S.; MACHADO, D.; BALDISSERA, T. *et al.* Experiências de Integração Lavoura-Pecuária na Região Central do Paraná. **Synergismus scyentifica** UTFPR, v. 6, n. 2, 2011.

MACCARI, M. **A altura de dossel e a adubação nitrogenada da pastagem podem afetar a nutrição nitrogenada do milho, num sistema de integração lavoura-pecuária?** Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. V. G. A.; KUNRATH, T. R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.329-326, 2014.

PELLEGRINI, L.G. *et al.* Produção de cordeiros em pastejo contínuo de azevém anual submetido à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1300-1404, 2010.

PIAZZETTA, H. von L.; MORAES, A.; RIBEIRO, T. M. D. *et al.* Pastejo e nitrogênio sobre o crescimento de raízes na mistura de aveia preta e azevém. **Semina**, v. 35, n. 4, p. 2749-2768, 2014.

RHODEN, A. C.; LIMA, R.C. de; MENSOR, M.; TONET, R.; BARRIGA, B.A.P.; ASSMANN, T. S. Adubação de sistema: produtividade do feijoeiro em integração lavoura-pecuária de longa duração. In: I Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. **Anais...** Cascavel, 2017.

RISSI, B. F. **Produção animal em sistema de integração lavoura-pecuária em função de intensidade de pastejo e antecipação da adubação nitrogenada.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Dois Vizinhos, 2015.

SANDINI, I.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M. K.; NOVAKOWISKI, J. H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1315– 1322, 2011.

- SANDINI, I. E. **Milho, feijão e nitrogênio no sistema de produção Integração Lavoura-Pecuária**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e Fitossanitarismo, Curitiba, 2009.
- SARTOR, L. R.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; ADAMI, P. F.; ASSMANN, A. L.; ORTIZ, S. Avaliação do estado nutricional da pastagem: índice nutricional de nitrogênio. **Semina**, Londrina, v.35, n.1, p.449-456, 2014.
- SARTOR, L. R.; ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B.; ADAMI, P. F.; ASSMANN, A. L.; PITTA, C. S. R. Nitrogen fertilizer use efficiency, recovery and leaching of an alexandergrass pasture. **Rev. Bras. Ciên. Solo**, v.35, p.899-906, 2011.
- SILVA E.C. *et al.* 2014. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO *et al.* **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 1.ed. Brasília: Embrapa. p.267-305.
- SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.377-381, abr. 2005.
- SOARES, A.B.; AIOLFI, R.B.; DE BORTOLLI, M.A.; ASSMANN, T.S. e ZATTA, A.C. Produção animal e vegetal em sistemas integrados de produção agropecuária. In: **Anais do III Simpósio de Produção Animal a Pasto**, NEPRU – Núcleo de Ensino e Pesquisa em Ruminantes, Dois Vizinhos, Paraná, 2015.
- SOARES, A. B.; RESTLE, J. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticale e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **Rev. Bras. Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.908–917, 2002.