

Ciclagem de nutrientes em pastagens com vistas à sustentabilidade do sistema

Cesar H. Behling Miranda*

Introdução

Aproximadamente um quarto da superfície terrestre (30,000 milhões de hectares), sob diferentes situações de clima e solo, é coberta por pastagens. Cerca de dois terços desse total estão nos trópicos, com 1850 milhões de hectares na África, 200 milhões nas áreas tropicais das Américas e 200 milhões nas áreas tropicais da Austrália (Myers et al., 1986). A maioria dessas pastagens está localizada em solos com baixo nível de fertilidade. Mesmo as novas áreas abertas para pastagens com espécies mais produtivas, como *Brachiaria* spp., estão, normalmente, em regiões pouco apropriadas para uma agricultura mais diversificada. A exploração das pastagens é feita, normalmente, num sistema de exploração do potencial de produção do solo totalmente sem ou com um mínimo de adição de fertilizantes. Como resultado, os índices de produtividade dos sistemas pecuários são baixos, e os declínios de produção ao longo do tempo são evidentes.

No caso dos cerca de 50 milhões de Cerrados do Brasil Central formados com pastagens melhoradas pela introdução de novas espécies forrageiras, por exemplo, que respondem por cerca de 50% da produção brasileira de carne, estima-se que entre 60% e 80% apresentem algum estágio de degradação. Uma pastagem degradada, conforme definição de Macedo (1995), é aquela que apresenta um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e da sua capacidade de recuperação natural, tornando-se incapaz de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, bem como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras, culminando com a degradação dos recursos naturais.

Tal situação contradiz o sistema de produção sustentável. Ou seja, aquele capaz de ser produtivo, atendendo as necessidades básicas do produtor, sem o desgaste do seu maior patrimônio, o solo.

* Bolsista do CNPq, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)–Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPq), Campo Grande, MS, Brasil.

Várias são as causas da degradação das pastagens, mas uma das principais é a falta de manutenção da fertilidade do solo. Para que qualquer sistema de exploração agrícola ou pecuário seja sustentável, as retiradas de nutrientes do sistema devem ser compensadas pela reposição de, no mínimo, quantidades iguais às retiradas. Por isso, é importante se conhecer os mecanismos de retiradas de nutrientes do sistema, bem como as alternativas possíveis de sua reposição.

Componentes do sistema produtivo pecuário

Os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas e animais estão presentes em diferentes componentes do sistema, tais como solo, planta e animais. Cada um tem suas características próprias, e todos interagem entre si, limitando ou facilitando a ciclagem de nutrientes.

Solo. O solo, juntamente com o clima de uma região, principalmente temperatura, precipitação e radiação solar, favorece ou limita o crescimento das plantas, devido a sua capacidade de suprir nutrientes, água e oxigênio.

O solo deve ser visto como a base do sistema produtivo. Da mesma forma que se fazem investimentos em novas espécies ou cultivares de plantas, ou de animais melhorados, investimentos que implicassem na melhoria da qualidade do solo também deveriam ser feitos. Uma das maiores causas do declínio da produtividade de uma pastagem é o manejo inadequado do recurso solo, normalmente devido à exploração acima da sua capacidade de uso, baixa reposição de nutrientes retirados através dos produtos animais ou vegetais, intenso revolvimento da camada arável, o que facilita a erosão, e pequeno retorno de resíduos vegetais.

Na sua forma mineral básica, normalmente encontram-se os componentes necessários ao crescimento das plantas. Minerais primários e secundários, como os feldspatos e micas, fornecem potássio (K). As apatitas fornecem fósforo (P). Na solução do solo encontram-se íons tais como NO_3^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , e MoO_4^{2-} . A estrutura do solo rege as relações de água e ar necessárias às plantas, e possibilita o crescimento de raízes. O solo também é o habitat natural de grande variedade de organismos vivos, tanto microorganismos como animais invertebrados. Aí encontra-se grande variedade de bactérias, com populações de até 10^9 células por cm^3 , além de fungos e actinomicetos. Em conjunto, esses microorganismos promovem a mineralização de nutrientes em formas orgânicas para formas inorgânicas assimiláveis pelas plantas; ou, por outro lado, a imobilização de nutrientes

em forma inorgânica a formas orgânicas. Valores de até 100 kg/ha de N, 80 kg/ha de P e 70 kg/ha de K podem ser encontrados imobilizados na biomassa do solo.

Nas condições tropicais, os solos, de maneira geral, possuem baixa fertilidade natural, devido à alta intemperização e lixiviação de nutrientes. Grande parte dos nutrientes, nessas condições, é controlada pelas transformações de outro componente dos solos: a matéria orgânica (M.O.). Resíduos animais e vegetais, exudatos e lixiviados de plantas, bem como a fração mais resistente de resíduos antigos, em diversos estágios de degradação e complexidade química, são os maiores componentes da M.O. do solo. Entre 65% e 75% das substâncias orgânicas do solo encontram-se em formas complexas, estáveis e bastante resistentes à mineralização, formando o que é denominado humus. O restante é composto por moléculas orgânicas, monossacarídeos, aminoácidos, proteínas e a biomassa do solo, incluindo microorganismos e animais.

A matéria M.O. está relacionada com a fixação, armazenamento e liberação de nutrientes, e na maioria dos solos tropicais é o principal componente que influencia a capacidade de troca de cátions (CTC). Para solos tropicais, Lopes (1984) concluiu que a M.O. é responsável por até 70% da CTC. Além disso, ajuda a manter a parte viva do solo, facilitando o crescimento de microorganismos, promove e mantém estáveis as condições físicas favoráveis ao crescimento das plantas. Se os teores de M.O. de um dado solo diminuïrem abaixo de um nível satisfatório, o sistema produtivo se tornará insustentável. Portanto, investimentos na manutenção e/ou aumento dos teores de M.O. do solo são imprescindíveis para a estabilidade e a sustentabilidade de sistemas agrícolas.

Plantas e seus resíduos. A absorção de nutrientes pelas forrageiras causa interferência na ciclagem de nutrientes no sistema. Por um período variável de tempo, parte dos nutrientes que estavam disponíveis no solo permanecerá retida na forrageira, sendo daí transferidos para os animais ou retornados ao solo via resíduos.

Considerando-se por exemplo uma pastagem de *Brachiaria decumbens*, produzindo 5000 kg de MS/ha por ano, com os seguintes teores médios de nutrientes: 1.5% N, 0.2% P, 1.5% K, 0.3% Ca e 0.25% Mg, ter-se-iam retidos nessa pastagem (kg/ha): 75 N, 20 P, 75 K, 15 Ca, e 12.5 Mg. Não estão computados aí os teores de nutrientes retidos nas raïzes. Se houver remoção total dessa forragem, como ocorre, por exemplo, na produção de feno, o sistema ficará deficitário. Por outro lado, sob pastejo, grande parte desses nutrientes acaba retornando ao solo, seja por meio dos dejetos dos animais, como pelos dos resíduos das plantas.

Em pastagens tropicais a utilização da forragem disponível é baixa, com a maior parte do material vegetal retornando ao solo, como resíduos. Os nutrientes contidos nos resíduos vegetais também não estão disponíveis a curto prazo, sendo necessária sua mineralização. No caso do K há uma fácil remoção por água, uma vez que a maior parte desse elemento está nas plantas em forma iônica, não em formas orgânicas. Já para outros nutrientes, como o N, P e o S, é necessário haver um processo de mineralização, mediado pelos microorganismos do solo, uma vez que esses se encontram em forma orgânicas complexas (proteínas, aminoácidos, sulfolipídeos).

No processo de mineralização desses resíduos, a sua composição, principalmente a relação C:N pode ocasionar mudanças na dinâmica de nutrientes do solo. Assim, é observado que materiais com relação C:N maiores do que 30 tendem a causar imobilização do N do solo, enquanto que materiais com relação C:N menores têm sua mineralização facilitada. No primeiro caso, para atacar o C dos resíduos os microorganismos utilizam o N do solo, diminuindo, com isso, o N disponível para as plantas. Ao mesmo tempo, são criados novos complexos orgânicos de difícil mineralização que são uma das causas da queda de produção e redução nos teores de proteína de pastagens tropicais (Robins et al., 1989).

O uso de leguminosas forrageiras é uma forma de se amenizar este efeito, uma vez que essas apresentam uma relação C:N baixa, e por isso têm a mineralização de seus resíduos assegurada, sem competir pelo N do solo. Aumentos da taxa de mineralização e maior disponibilidade de N na camada superficial do solo devido à presença de resíduos da leguminosa *Desmodium ovalifolium* foram observados por Cantarutti (1997) em estudo com pastagem consorciada dessa leguminosas com *B. humidicola*, comparada à pastagem da gramínea pura. O mesmo autor observou que o tempo da ciclagem de N na pastagem pura foi de 127 dias, enquanto que na pastagem consorciada esse tempo caiu para 28 dias.

Animais e seus resíduos. De maneira geral, de 5% a 30% dos nutrientes absorvidos ficam retidos nos animais, sendo, posteriormente, parte retirada da área como produtos animais e parte retornada ao solo como dejetos. Em um animal adulto de 500 kg encontram-se retidos na massa corporal de 12 kg de N, 3,5 kg de P e 1 kg de K. Por outro lado, os animais são parte ativa da reciclagem de nutrientes. Grande parte dos nutrientes ingeridos pelos animais são excretados de volta à pastagem e ao solo na forma de fezes e urina. Betteridge et al. (1986) em estudo com novilhos em uma pastagem de alta qualidade, verificaram que entre 40% e 51% do N, 33% a 76% do K e 2% a 4% do P ingerido pelos animais eram excretados de volta à pastagem diariamente através da urina. Já nas fezes, eram excretados diariamente entre 16% e 24% do N,

entre 8% e 21% do K e 44% a 74% do P ingeridos. As variações verificadas foram devido às diferenças entre animais e efeitos de dias durante o estudo.

Estes dejetos não são distribuídos igualmente no campo, o que contribui para uma ciclagem menos efetiva de nutrientes. Em sistemas de pastejo contínuo os animais normalmente se concentram perto de malhadouros ou bebedouros para ruminarem. Nestas áreas acabam ficando a maior parte dos dejetos, ocorrendo uma concentração dos nutrientes retirados de toda área. Já num sistema de pastejo rotacionado há uma probabilidade maior dos dejetos serem distribuídos por área maior, uma vez que os animais não têm tempo para criar o hábito de ruminar em pontos específicos. Por outro lado, se houver pontos fixos de aguada e suplementação, essa vantagem pode ser perdida.

Com relação ao N dos dejetos animais (urina e fezes) sabe-se que grande parte pode ser perdida por volatilização da uréia em poucos dias, a menos que este material seja incorporado ao solo. Nesse sentido, besouros coprófagos desempenham papel importante dada sua capacidade de incorporação das fezes bovinas ao solo. Normalmente, os besouros escavam galerias no solo embaixo das fezes para onde carregam porções da massa fecal, formando estruturas nas quais depositam os ovos. As larvas resultantes desses ovos se alimentam das fezes do bolo formado até seu estágio adulto, quando saem para completar seu ciclo biológico. Grande parte do material enterrado acaba sendo mineralizado em curto espaço de tempo, e quantidades substanciais de N e P, por exemplo, presentes no bolo fecal, passam a ser disponíveis às plantas, como demonstrado por Miranda et al. (1998a).

A área de pastagem ao redor do bolo fecal é, normalmente, rejeitada para pastejo por bovinos (Haynes e Williams, 1993). Numa pastagem, isto pode corresponder a até a um terço da área pastejada, quando a área é usada em rotação (Afzal e Adams, 1992). Sendo enterrado o bolo fecal evitar-se-ia a formação dessas áreas de rejeição. Pode-se dar um exemplo prático disso usando-se a região Centro-Oeste, principal área da produção de gado de corte no Brasil, como base para especulações teóricas. Nesta região, segundo o Anualpec (1998), o efetivo do rebanho bovino previsto para 1998 é de 51 milhões de cabeças, distribuídos nas diversas categorias animais. Considerando-se que animais em pastejo defecam áreas que variam de 0.3 m²/dia para garrotes de 1 a 2 anos, a 0.8 m²/dia para touros e vacas, pode-se estimar que cerca de 2731 hectares de pastagem são cobertos por dejetos diariamente na região. Sabe-se que os dejetos não são distribuídos igualmente no pasto, com grande parte sendo restrita aos malhadouros e pontos de água. Ainda assim, mesmo que apenas 50% dos dejetos sejam deixados diretamente no pasto, tal montante tem um significado importante para a redução da área efetiva de pastejo. Áreas que variam de 5 a 12 vezes o diâmetro das fezes não são pastejadas pelos animais, inicialmente devido

ao odor e, posteriormente, devido a maturação das plantas (Haynes e Williams, 1993). Segundo esses autores, o período de rejeição pode variar de 2 a 3 meses ou ainda por períodos maiores do que um ano. Com o enterrio das fezes pelos besouros, fazendo a limpeza da pastagem, essas áreas de rejeição são eliminadas fazendo com que a pastagem seja melhor utilizada.

Outros cálculos podem ser feitos com relação a ciclagem de N nos dejetos produzidos por este rebanho. Adaptando-se os dados de Euclides (1995), animais Nelore pastejando gramíneas tais como braquiária e panicum produzem, em média, 1.04 kg/dia de esterco para cada 100 kg de peso vivo. Assim, pode-se estimar que os 51 milhões de cabeças de gado da região Centro-Oeste produzam cerca de 150 milhões de toneladas de esterco. Considerando-se uma média de 1% de N no esterco, pode-se estimar que 1500 t deste elemento são depositadas diariamente nas pastagens da região. Para estas condições, foi medido por Ferreira et al. (1995a) que cerca de 10% do N do esterco são perdidos por volatilização de amônia até 3 dias após a dejeção. Para o N da urina as perdas chegam até a 76%, em solo sem planta, ou cerca de 30% em solo com planta (Ferreira et al., 1995b). Considerando o montante de esterco produzido, tais perdas são de alta relevância. Ao enterrar o esterco o besouro está participando da manutenção de parte desse N que seria perdido, contribuindo para a sustentabilidade do sistema produtivo. Além disso, estará fazendo com que esse N seja mais rapidamente reciclado a formas assimiláveis pelas plantas, como exemplificado no trabalho de Miranda et al. (1998a).

Nitrogênio como elemento limitante à produção das pastagens

Dentre os nutrientes considerados essenciais ao crescimento dos seres vivos o nitrogênio (N) é o elemento de maior importância, por ser constituinte básico de aminoácidos e proteínas, e, por isso, requerido em altas concentrações. É um elemento encontrado tanto na atmosfera em forma de gás (N_2), como no solo em formas orgânicas e inorgânicas. Estas formas, mediadas por microorganismos ou reações químicas em situações especiais influenciam a forma de N predominante no meio em consideração, fazendo com que esse mineral seja objeto de um ciclo contínuo, como pode ser visto resumidamente na Figura 1.

O nitrogênio é considerado o elemento mais limitante à produção de pastagens ao longo do tempo (Seiffert, 1981), embora outros nutrientes, especialmente o P, sejam mais necessários durante a fase de estabelecimento. Nas áreas tropicais as pastagens são localizadas em solos onde o conteúdo total de N varia de 4500 kg/ha a até 24,000 kg/ha (Henzell, 1977). A maior parte do N do solo está presente em compostos orgânicos, não sendo diretamente disponível para as plantas. Apenas uma pequena percentagem do total, em torno de 1%, é mineralizado

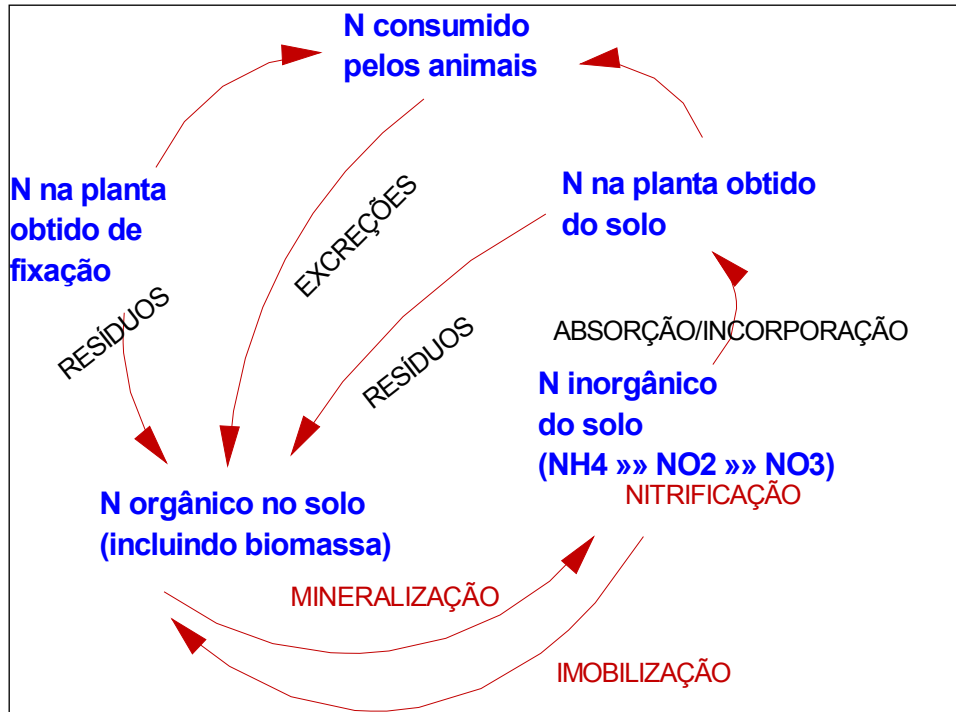


Figura 1. **Relações básicas do ciclo do nitrogênio: fluxos de N no solo, planta e animais.**

anualmente para formas minerais amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) pelo ataque de microorganismos do solo. Em solos neutros e alcalinos predomina o íon nitrato, enquanto que nos solos ácidos predomina o amônio.

Numa primeira fase o ataque microbiano à M.O. resulta na formação de amônio, num processo denominado amonificação. Numa segunda fase outros microorganismos usam o amônio e o transformam em nitrato, processo denominado nitrificação. Ambos os processos são parte da mineralização do N orgânico. Paralelamente à mineralização, há consumo do N mineral produzido por outros componentes da flora e fauna do solo, ou seja, ocorre imobilização do N mineralizado. A imobilização é um processo que pode gerar séria competição entre plantas e a flora e fauna do solo. Medidas feitas em uma pastagem de região temperada mostraram haver 11 vezes mais N na biomassa do solo do que no N mineral do solo, ou 3 vezes mais do que nas plantas presentes na área (Bristow e Jarvis, 1991).

É comum verificar-se, após acréscimo de grande quantidade de material vegetal com baixo conteúdo em N ao solo, um amarelecimento das folhas da cultura plantada. Isto se deve à intensa utilização do N mineral disponível pelos microorganismos do solo, desfavorecendo as plantas. Nesse sentido, o uso de plantas capazes de aumentar rapidamente a absorção de N

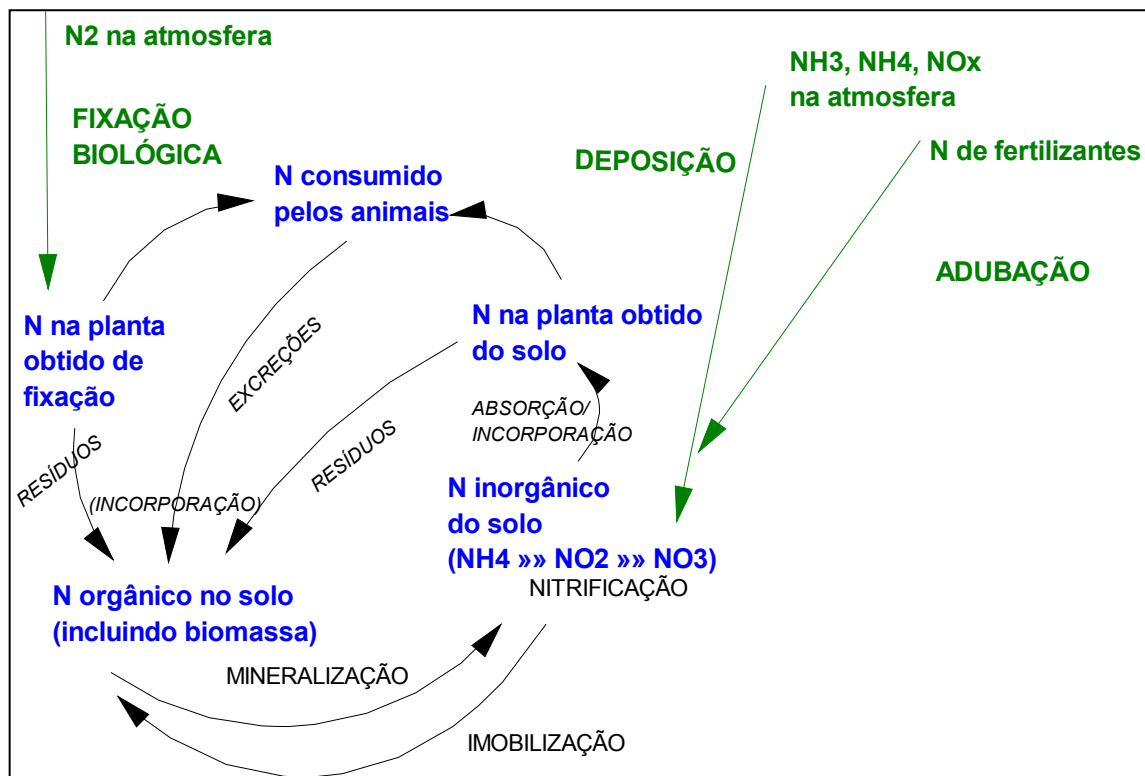


Figura 2. **Ciclo do N: acréscimos de N ao sistema solo-planta.**

em resposta a aumentos da disponibilidade desse elemento no solo, pode ser uma forma de ganhar em eficiência do uso do N, como sugerido por Miranda et al. (1994).

Em épocas de maior precipitação pluvial, quando o solo fica mais úmido e aquecido, em regiões como nos Llanos de Santa Cruz (Bolívia), as taxas de mineralização do N orgânico aumentam, especialmente nas camadas superficiais do solo. Entretanto, neste período também há um rápido crescimento das plantas, as quais consomem praticamente todo o N mineral disponível, não se verificando aumentos substanciais dos teores de amônio ou nitrato no solo.

Acréscimos de N ao sistema solo-planta. O nitrogênio pode ser adicionado às pastagens de forma semelhante à que ocorre em outros sistemas de produção: como fertilizantes minerais ou orgânicos (incluindo restos vegetais ou animais), fixação biológica através das leguminosas, gramíneas ou algas, poeira de áreas sob processo de erosão, nitrato produzido por descargas de raios em tempestades ou deposição de poluentes perto de regiões industriais (Figura 2).

Os fertilizantes nitrogenados são de custo elevado, e normalmente são usados para culturas de maior retorno econômico. Na Bolívia, por exemplo, o uso de fertilizantes é praticamente restrito à cultura da batata (Pijnenborg et al., 1996).

A deposição de N através de poeira proveniente de áreas sob processo de erosão, através de poluentes perto de áreas industriais, ou nitrato formado pelo efeito de raios em tempestades são de importância relativa. As quantidades adicionadas por este processo são pequenas, normalmente não excedendo os 10 kg/ha de N. Basicamente, servem para balançar as perdas por desnitrificação —transformação de nitrato a gás N_2 ou N_2O — em sistemas sem grandes adições de fertilizantes nitrogenados.

Fixação biológica de nitrogênio. A fixação biológica de N atmosférico (N_2) é, sem dúvida, um dos maiores mecanismos de entrada de N em qualquer sistema vegetal. Embora tenha sido demonstrada a ocorrência de fixação biológica associada a gramíneas forrageiras tropicais em estudos sob condições controladas (Miranda e Boddey, 1987), este potencial ainda não foi confirmado em estudos de campo, nem há dados concretos de que esse mecanismo possa suprir as necessidades nutricionais em N das forrageiras. Aparentemente, a fixação associada a gramíneas funciona como uma alternativa da planta frente à necessidade de sobrevivência sob baixa disponibilidade de N, e não como forma efetiva para aumentos da produção. Sem dúvida, a fixação biológica através de leguminosas é a que mais contribui, de imediato, para o sistema produtivo.

As leguminosas formam uma simbiose com bactérias fixadoras de N_2 , normalmente denominadas rizóbios (Young, 1996), abrigando-as e providenciando produtos de fotossíntese nos nódulos formados em suas raízes. As bactérias retribuem reduzindo o N_2 a formas assimiláveis, exportando-as diretamente para as plantas. Dados de pesquisa com leguminosas forrageiras tropicais sugerem que estas podem adicionar quantidades de N suficientes para manter em balanço o ciclo de N de pastagens (Thomas, 1995). Infelizmente, o uso de leguminosas forrageiras ainda é bastante restrito, por razões as mais diversas (Giller e Cadisch, 1995). Há pouco conhecimento de sua importância pelos produtores, normalmente há falta de sementes no mercado, e os poucos produtores que usam leguminosas forrageiras o fazem com manejo inapropriado, o que leva à baixa persistência da planta no sistema e conseqüente descrença no seu potencial.

A maior contribuição da leguminosa forrageira é a quantidade de N_2 que ela pode fixar. Isto é dependente tanto de características da planta quanto da bactéria fixadora. Enquanto a maioria das leguminosas forrageiras tem uma simbiose efetiva com diferentes estirpes de

rizóbios do solo, algumas mostram um alto grau de especificidade (Miranda, 1995), só formando simbioses efetivas com determinadas estirpes. A escolha de leguminosas que não tenham especificidade de rizóbio é um fator que deve ser considerado, uma vez que é muito difícil se introduzir uma dada estirpe no solo, onde grande número de estirpes nativas de rizóbios normalmente se fazem presentes.

Valores de N acumulados por culturas puras de leguminosas forrageiras de até 300 kg/ha por ano são descritos para *Calopogonium mucunoides* e *Vigna unguiculata* (Greenland, 1977), e 500 kg/ha por ano para *Centrosema pubescens* (Franco, 1978). Valores de até 180 kg/ha de N em 3 meses de crescimento no período chuvoso foram medidos para *Stylosanthes capitata* crescendo em solos dos Cerrados do Brasil (Miranda et al., 1998b).

De forma geral é assumido que entre 80% e 90% do N medido nas leguminosas seja originado de fixação biológica. Esta afirmativa é confirmada por medidas em quatro acessos diferentes de cinco espécies de *Stylosanthes* crescendo sob a mesma condição de solo e clima em um solo Areia Quartzosa nos Cerrados do Brasil (Tabela 1). As menores quantidades de fixação medidos neste estudo foram para os acessos de *S. scabra*, uma espécie pouco adaptada a este tipo de solo e ao clima predominante na região.

Tabela 1. **Variações nas quantidades de N total, % de N fixado e N total absorvido do solo ou através de fixação, de cinco acessos de quatro diferentes espécies de *Stylosanthes* crescendo em uma Areia Quartzosa em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul.**

Espécies	N total (kg/ha)	N fixado ^a (% do N total)	N absorvido pelas plantas (kg/ha)	
			do solo	de fixação
<i>S. capitata</i>	194 - 208	73 - 88	25 - 53	141 - 180
<i>S. guyanensis</i>	105 - 130	68 - 79	25 - 36	76 - 102
<i>S. macrocephala</i>	89 - 118	74 - 84	19 - 28	68 - 99
<i>S. scabra</i>	41 - 65	51 - 70	12 - 22	21 - 43

a. N fixado usando-se o método da abundância natural do ¹⁵N, comparativamente a plantas de *Cyperus rotundus*, *Aristida capillacea*, *Paspalum plicatulum* e *Brachiaria decumbens* crescendo sob as mesmas condições de campo. Adaptado de Miranda et al. (1998b).

Os maiores limitantes à fixação biológica de N₂ são as deficiências nutricionais, principalmente P e K, e fatores associados com acidez do solo, déficit hídrico ou excesso de N disponível no solo. Por isso, deve-se dar atenção a leguminosas comprovadamente adaptadas à região em uso. Uma revisão detalhada de leguminosas adaptadas às condições da Bolívia é

apresentada no livro *Las leguminosas en la Agricultura Boliviana* editado por Meneses et al. (1996).

Há poucos registros de fixação de N em pastagens consorciadas sob pastejo nas condições tropicais. Um dos mais conhecidos é o descrito por Seiffert et al. (1985) com pastagem de *B. decumbens* consorciada com *C. mucunoides*. Cadisch et al. (1994) usaram os dados daqueles autores para formar um modelo de ciclagem de N no sistema planta-solo-animal, que é apresentado na Figura 3.

Uma análise simples do modelo mostra que na pastagem consorciada ocorreu uma entrada de N via fixação simbiótica de 64 kg/ha. Esta quantidade foi suficiente para aumentar a produção das plantas e da quantidade de proteína ingeridas pelos animais sem diminuir as reservas da M.O. do solo. Comparativamente, a pastagem de gramínea pura teve, além de menor produção das plantas e fornecimento de proteína aos animais, um déficit de 65 kg/ha de N nas reservas do solo.

Quando se faz consorciação cria-se uma situação de competição entre a leguminosa e a gramínea tanto por água, luz, como por nutrientes, o que pode limitar a fixação de N₂. As leguminosas são mais aptas a absorverem Ca e Mg, enquanto as gramíneas absorvem mais K (Miranda et al., 1992). As gramíneas, por sua vez, produzem mais MS por unidade de área, devido ao maior aproveitamento de luz, por meio da via fotossintética C₄. Por outro lado, uma pastagem dominada por leguminosas pode ter uma pequena oferta de forragem. A maioria das leguminosas tropicais igualmente tem baixo consumo pelos animais. Tal fato de certa forma é benéfico para a ciclagem de N, uma vez que se a leguminosa não consumida pode cumprir melhor seu papel como fixadora e fornecedora de N. A freqüente desfolha da leguminosa pode diminuir a fixação. Por isso, há discussão quanto à estrutura ideal de planta para uso em consorciação se de porte baixo, palatável ou não, ou de porte arbustivo, de difícil alcance pelos animais. Estas últimas, teoricamente, contribuiriam mais para a ciclagem de nutrientes do que as leguminosas que podem ser consumidas pelos animais.

De forma geral tem sido descrito que percentagens de leguminosas forrageiras entre 20% e 31 % da produção total de massa verde por área seriam suficientes para se manter um balanço equilibrado das reservas de N do solo em pastagens com 10% a 40% de utilização por animais (Thomas, 1992). Com exploração mais intensa da pastagem pelos animais, entre 50% e 70 %, seriam necessários entre 35% e 45 % de leguminosas em oferta na pastagem.

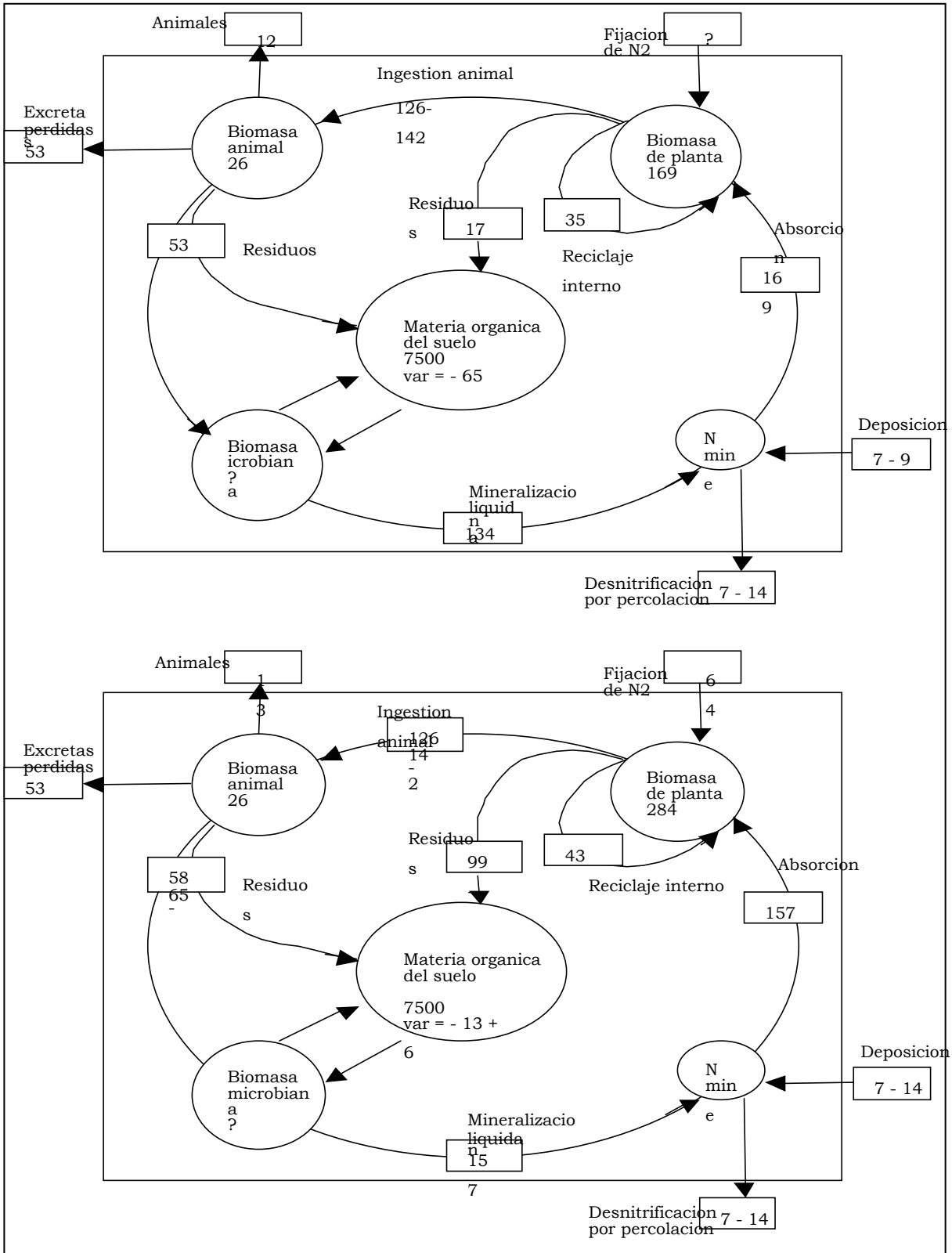


Figura 3. Ciclagem de N em pastagem de *B. decumbens* sola ou consorciada com *Calopogonium mucunoides* em solo dos Cerrados de Campo Grande, MS, Brasil. Adaptado de Cadisch et al. (1984), com base nos dados de Seiffert et al. (1985). Todos os valores em kg/ha.

Perdas de N. O nitrogênio pode ser perdido do sistema planta-solo-animal através da retirada de produtos animais (carne e leite), vegetais (feno, silagem), desnitrificação, volatilização de amônia e lixiviação de nitrato (Figura 4).

Parte significativa de N se perde pela retirada de produtos animais da área, especialmente o leite. Humpreys (1995) estimou que no abate de animais de corte com 500 kg de peso vivo são retirados 12 kg de N. Para uma produção de leite de 8000 kg são retirados 42 kg de N.

Com relação à desnitrificação, não há evidências de que seja um problema sério em pastagens não fertilizadas com N (Weir, 1981). Por ser um processo respiratório pelo qual algumas bactérias podem crescer na ausência de oxigênio enquanto reduzem NO_3 à N_2 ou N_2O , só ocorre em condições anaeróbicas, ou em solos encharcados. Em áreas fertilizadas, com altos teores de NO_3 , podem ocorrer perdas significativas de N (Souto e Dobereiner, 1983).

As perdas de N por volatilização da amônia podem ser de importância relativa em áreas de solo desnudo que recebam urina animal. Na presença de plantas as perdas são bastante reduzidas (Ferreira et al., 1995b). Além disso, parte do N volatilizado pode ser absorvido pela folhagem das plantas, o que torna difícil estimar o que pode ser efetivamente perdido do sistema. Nas condições tropicais, na época chuvosa aliado a alta permeabilidade dos solos cria-se condições favoráveis a perdas significativas de N por lixiviação laminar ou no perfil. Isto só acontece, entretanto, se os níveis de N mineral, especialmente nitrato, forem altos. Se

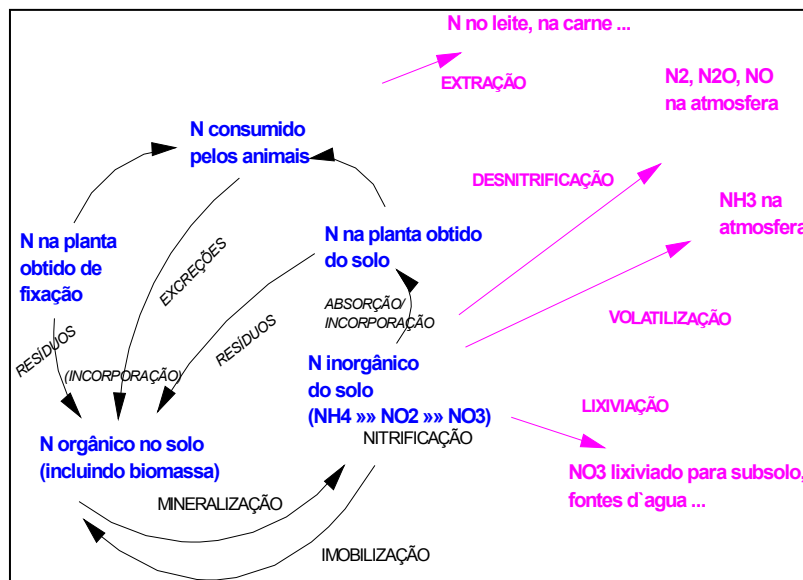


Figura 4. **Ciclo do N: perdas de N do sistema solo-planta-animais**

não houver fertilização dificilmente se criarão tais condições. Nesta época, igualmente, a demanda por N das plantas e da biomassa do solo é alta, absorvendo praticamente todo o N mineralizado, pouco restando para ser lixiviado. Ademais, as forrageiras tropicais têm raízes dispostas ao longo do perfil, sendo, portanto, capazes de absorver o N lixiviado para camadas mais profundas do subsolo.

Referencias

- Afzal, M. e Adams, W. A. 1992. Heterogeneity of soil mineral nitrogen in pasture grazed by cattle. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:1160-1166.
- Anualpec 97. 1998. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo, Argas Comunicação. 329 p.
- Betteridge, K.; Andrewes, W. K.; e Sedcole, J. R. 1986. Intake and excretion of nitrogen, potassium and phosphorus by grazing steers. *J. Agric. Sci.* 106:393-404.
- Bristow, A. W. e Jarvis, C. 1991. Effects of grazing and nitrogen fertilizer on the soil microbial biomass under permanent pasture. *J. Sci. Food Agric.* 54:9-21.
- Cadisch, G.; Schunke, R. M.; e Giller, K. E. 1994. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. *Trop. Grassl.* 28:34-52.
- Cantarutti, R. B. e Boddey, R. M. 1997. Transferência de nitrogênio das leguminosas para as gramíneas. In: Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. 1997. Viçosa. Anais. Universidade Federal de Viçosa (U FV). p. 431-446.
- Euclides, V. P. B. 1995. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. 12. 1995. Piracicaba. Capim Colômbio. Anais. Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiros (FEALQ). p. 245-273.
- Ferreira, E.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; e Boddey, R. M. 1995a. Perdas de N derivado das fezes bovinas depositadas na superfície do solo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 32. 1995. Brasília. Anais. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). p.125-126.
- _____; Resende, A.; Alves, B. J. R.; e Boddey, R.M.; Urquiaga, S. 1995b. Destino do ¹⁵N-urina bovina aplicado na superfície de um solo Podzólico descoberto, ou sob cultura de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 32. 1995. Brasília. Anais. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). p. 109-110.
- Franco, A. A. 1978. Contribution of the legume-Rhizobium symbiosis to ecosystem and food production. In: Dobereiner, J. (ed.). Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. Londres, Plenum Press. p. 161-171.
- Giller, K. E. e Cadisch, G. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: an ecological approach to agriculture. *Plant and Soil* 174:255-277.
- Greenland, D. J. 1977. Contribution of microorganisms to the nitrogen status of tropical soil. In: Ayanaba, A. e Dart, P. J. (ed.). Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. John Willey. Nueva York. 1977. p. 13-25.

- Haynes, R. J. e Williams, P. H. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy* 49:119-199.
- Henzell, H. 1997. Nitrogen nutrition of tropical pastures. In: Skerman, P. J. (ed.). *Tropical Forrage Legumes*. Roma, FAO. p. 86-102.
- Humphreys, L. R. 1995. *Tropical forrages: their role in sustainable agriculture*. Essex, Longman Scientific and Technical. 414 p.
- Lopes, A. S. 1984. Solos sob Cerrado. Piracicaba. Potafós. 162 p.
- Macedo, M. C. M. 1995. Pastagens nos ecossistemas Cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: Simpósio Sobre Pastagens nos Ecossistemas Brasileiros, Brasília. Anais. Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ). p. 28-62.
- Meneses, R.; Waaijbergen, H.; Piérola, L. 1996. Las leguminosas en la agricultura boliviana: revisión de información. Cochabamba, Proyecto Rhizobiologia Bolivia. 434 p.
- Miranda, C. H. B. e Boddey, R. M. 1987. Estimation of biological nitrogen fixation associated with ecotypes of *Panicum maximum* grown in nitrogen-15-labelled soil. *Agron. J.* 79:558-563.
- _____; Zanella, C.; e Schunke, R. M. 1992. Competição entre espécies nas consorciações de *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema acutifolium* e *Brachiaria decumbens* Stapf. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27:851-856.
- _____; Cadisch, G.; Urquiaga, S.; Boddey, R. M.; e Giler, K. E. 1994. Mineral nitrogen in an oxisol from the Brazilian cerrados in the presence of *Brachiaria* spp. *European J. Agron.* 3:333-337.
- _____. 1995. Eficiência em fixação de nitrogênio de estirpes de *Bradyrhizobium* sp. em *Centrosema acutifolium*. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 24:185-191.
- _____; Santos, J. C. C. Dos; e Bianchin, I. 1998a. Contribuição de *Onthophagus gazella* à melhoria da fertilidade do solo pelo enterrio de massa fecal bovina fresca. 1. Estudo em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 27:681-685.
- _____; Fernandes, C.D.; e Cadisch, G. 1998b. Fixação de nitrogênio em *Stylosanthes* spp. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 23. Caxambu. Anais. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 192.
- Myers, R. K. J.; Vallis, I.; McGill, W. B.; e Henzell, E. F. 1985. Nitrogen in grass-dominant, unfertilized pasture systems. In: International Congress of Soil Science. 12. Symposium on N Dynamics in the Soil-Plant System. 1985. Hamburgo. *Soil Sci.* 6: 761-771.
- Pijnenborg, J.; Oller, V.; Jiménez, J.; e Barba, R. 1996. Fijación biológica de nitrógeno (FBN). In: Meneses, R.; Waaijbergen, H.; e Piérola, L. (ed.). Las leguminosas en la agricultura boliviana: revisión de información. Cochabamba, Proyecto Rhizobiologia Bolivia. p. 67-96.
- Robins, G. B.; Bushell, J. J.; e Mckeon, G.M. 1989. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* cv. Trichoglume). *J. Agric. Sci.* 113:401-406.

- Souto, S. M.; e Dobereiner, J. 1983. Variação estacional da desnitrificação em gramíneas forrageiras tropicais. *Pesq. Agropec. Bras.* 18:1317-1321.
- Seiffert, N. F. 1981. Nitrogen availability in *Brachiaria decumbens* under continuous grazing. In: Graham, P. H. e Harris, S. C. (eds.). *Biological nitrogen technology for tropical agriculture*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 387-393.
- Seiffert, N. F.; Zimmer, A. H., Schunke, R. M.; e Miranda, C. H. B. 1985. Reciclagem de nitrogênio em pastagens consorciadas de *Calopogonium mucunoides* com *Brachiaria decumbens*. *Pesq. Agropec. Bras.* 20:529-544.
- Thomas, R. J. 1992. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass Forage Sci.* 47:133-142.
- _____. 1995. Role of legumes in providing N for sustainable tropical pasture systems. *Plant and Soil* 174:103-118.
- Weir, K. L.; MacEra, I. C.; e Myers, R. J. K. 1981. Seasonal variation in denitrification in a clay soil under a cultivated crop and a permanent pasture. *Soil Biol. Bioch.* 23:629-635.
- Young, J. P. W. 1996. Phylogeny and taxonomy of rhizobia. *Plant and Soil* 186:45-52.