



**Universidade Federal de Viçosa**  
**Centro de Ciências Agrárias**  
**Departamento de Zootecnia**

**ZOO 650 FORRAGICULTURA**

**Interação do solo- planta- animal e impacto da reciclagem  
do nitrogênio e do fósforo em pastagem**

**Professor:** Domicio do Nascimento Júnior

**Aluna:** Carla Ap. Florentino Rodrigues

**Matrícula:** 32785

**Viçosa- MG**

**Junho 2000**

# **Interação do solo- planta- animal e impacto da reciclagem do nitrogênio e do fósforo em pastagem**

## **1. Introdução**

O manejo adequado da pastagem envolve a sustentabilidade da mesma e o balanço de nutrientes para suficiente produção de matéria seca, sendo que essa matéria seca será utilizada na alimentação dos animais. Os elementos químicos presentes no sistema solo- planta- animal desempenham funções vitais para o normal funcionamento desse sistema. Especialmente, o estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras são influenciados pela disponibilidade de nutrientes, particularmente no solo. Como os herbívoros utilizam as forrageiras como alimento, eles têm um importante papel na movimentação de nutrientes minerais nesse sistema.

Os nutrientes sofrem ciclagem dentro do ecossistema da pastagem e a disponibilidade deles nos vários segmentos desse ciclo influenciam a produtividade da pastagem e conseqüentemente o desempenho dos animais.

Durante o pastejo, os bovinos caminham e esta ação influencia os fluxos de nutrientes. As forrageiras, gramíneas, são eficientes na incorporação de nutrientes disponíveis nessa biomassa. Os efeitos do pastejo podem influenciar a ciclagem de nutrientes, tais como:

- a remoção das raízes (capacidade de absorção de nutrientes) das plantas e influencia interna da transferência de nutrientes na planta;
- recolocação dos nutrientes oriundos do pastejo e o manejo durante a lactação, inverno e recolocação dos animais;
- concentração das fezes e urina numa área, consumo e concentrações em áreas do campo;
- conversão dos nutrientes e ciclagem dos nutrientes;
- alterações das condições físicas do solo através da compactação e aeração; estabilização, formas e avaliação de nutrientes.

Estes fatores são importantes em todos os sistemas de pastejo proporcionando o uso intensivo ou extensivo e contribuem para o desenvolvimento ou degradação ao longo do tempo de sustentabilidade do sistema.

A maximização da ciclagem de nutrientes busca maior eficiência produtiva, no sistema, a sustentabilidade do mesmo e maior proteção do ambiente relacionado à poluição da água e da atmosfera. Entre os vários nutrientes envolvidos no sistema, esta revisão dará ênfase ao nitrogênio (N) e ao fósforo (P).

## **2. Compartimentos do sistema solo- planta- animal**

A ciclagem de nutrientes na pastagem é policíclica, porque esses elementos podem estar envolvidos em ciclos dentro de um compartimento, por exemplo animal, antes de ser transferido para o outro compartimento, por exemplo solo (WILKINSON e LOWREY, 1973, citados por MONTEIRO e WERNER, 1998).

O solo constitui o reservatório de nutrientes do sistema, nas formas mineral e orgânica, e inclui os nutrientes disponíveis às plantas, os nutrientes não disponíveis às plantas e os resíduos orgânicos. Os nutrientes disponíveis envolvem os elementos presentes na solução do solo (tais como os íons  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{MoO}_4^{2-}$ ) e aqueles na forma lábil no solo. Os não disponíveis compreendem as formas imobilizadas na fração orgânica do solo (especialmente N e S), as “fixadas” ou retidas nos minerais do solo e as formas presentes nos minerais primários e secundários do solo, como o potássio nos feldspatos e micas. A passagem de um nutriente de uma forma para outra no solo normalmente ocorre via imobilização, mineralização, intemperismo mineral, solubilização, “fixação” ou retenção química, entre outros. Em termos de ciclagem de nutrientes nas pastagens é importante que o nutriente esteja ou seja convertido em forma disponível às plantas.

Para o compartimento planta deve-se considerar todos os nutrientes contidos na parte aérea e subterrânea. As plantas obtêm os nutrientes especialmente por absorção radicular, a partir da solução do solo e através dos processos de interceptação radicular, fluxo de massa e difusão. A absorção dos nutrientes pelas forrageiras e seu consumo pelos animais se constituem em um retardamento no fluxo de nutrientes no sistema.

O animal é formado pelos nutrientes contidos no corpo todo. No ecossistema da pastagem, esses nutrientes são, em sua maioria, provenientes das plantas forrageiras, embora a contribuição da suplementação animal e da ingestão de terra não deva ser ignorada. A absorção aparente dos nutrientes pelos animais varia de elemento para elemento, e é função da espécie forrageira ingerida, da maturidade da forrageira, do estado fisiológico e da raça do animal, do nível de ingestão do nutriente, da ingestão de

terra e da presença de parasitas no trato digestivo do animal. De um modo geral, a maior parte (60 a 99%) dos nutrientes ingeridos pelos animais é excretada na forma de fezes e urina, ficando retida no corpo animal ou sendo removida como produto animal uma porção relativamente pequena em relação ao ciclado no sistema. WILLIAM e HAYNES (1990), citados por MONTEIRO e WERNER (1998), afirmaram que os animais pastejando tem dois papéis muito importantes na ciclagem de nutrientes, quais sejam: aumento na taxa de desfoliação da forrageira e utilização de baixa proporção dos nutrientes ingeridos.

A ciclagem de nutrientes no ecossistema da pastagem envolve o solo, a planta, o animal e a atmosfera (figura 1); a taxa e a quantidade de nutrientes que movimentam esses compartimentos; e as adições e saídas de nutrientes. A ciclagem de nutrientes minerais segue uma escala, podendo ser considerada global, regional, e no ecossistema da pastagem; os nutrientes também ciclam dentro de cada um desses compartimentos como solo, planta, animal e atmosfera.

Figura 1: Ciclo de nutrientes minerais em ecossistemas de pastagem (Forages, volume II: the science of grassland agriculture, 1995).

### **3.Fontes de nutrientes no sistema**

Existem fontes externas e internas de nutrientes, as externas são aquelas que os nutrientes podem ser adicionados ao sistema e as internas estão relacionadas á realimentação dos pontos importantes do sistema. Essas fontes envolvem todo o meio ambiente e o compartimento, isto é solo, planta e animal em si.

Os materiais de origem dos solos são considerados como a fonte primária de nutrientes para o sistema. A natureza e a composição das rochas dando origem ao solo, além de outros fatores como clima, organismos vivos, topografia e outros, presentes na área onde se forma o solo determinam o potencial de suprimento de nutrientes para esse solo.

Uma importante via de reciclagem de nutrientes no sistema de pastagem é a passagem dos nutrientes pelo organismo animal. A maior parte dos nutrientes minerais, incluindo nitrogênio, ingeridos pelos animais é retornada ao sistema pelas excreções. A proporção de nutrientes que é reciclada por essa via depende primariamente da

quantidade de forragem utilizada pelos animais, bem como da composição química das partes das plantas que são consumidas (MOTT, 1974; MAYS et al., 1980, citados por MONTEIRO e WERNER, 1998).

A distribuição das excreções animais depende da taxa de lotação, da forma de pastejo, da área de descanso, do tipo animal (espécie, raça e sexo), da quantidade e frequência de excreção, do sistema de manejo da pastagem e localização de aguadas e sombras. A porção de minerais retida nos animais e excretada varia em função da categoria, idade, condição corporal e fisiológica do animal, do estágio de produção e do nível de consumo de forragem. BARROW e LAMBOURNE (1962), citados por MONTEIRO e WERNER (1998), em estudos com ovinos, relataram que N, K e B são facilmente absorvidos pelos animais e excretados essencialmente na urina, enquanto que P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn são em maioria excretados nas fezes. Mas essa predominância de forma de excreção dos nutrientes não pode ser interpretada como único meio do animal excretar esses elementos. MOTT (1974) citado por MONTEIRO e WERNER (1998) destacou que em situações onde o N, o S e o P estiverem em baixas concentrações na forrageira somente uma quantidade pequena será observada na urina do animal.

As excreções animais podem atingir diretamente a superfície do solo ou permanecerem parcial ou totalmente sobre a parte aérea da forrageira. No caso de permanecerem na parte aérea da planta podem proporcionar prejuízos para a reciclagem de nutrientes através de perdas e/ou bloqueio temporário desses nutrientes, e até rejeição da forragem pelo animal. A urina animal consegue penetrar no solo e escapar das perdas, assim é considerada uma fonte prontamente disponível de nutrientes às forrageiras, especialmente N, K e B. A urina flui no solo através dos macroporos e a uréia nela presente sofre hidrólise mais rápida que a uréia pura adicionada ao solo. Dessa maneira, o amônio é inicialmente produzido e, pela nitrificação o nitrogênio é transformado em nitrato. As fezes são constituídas por água, resíduos não digeridos da forragem, produtos do metabolismo animal, uma variada população microbiana e os produtos do seu metabolismo. O material fibroso representa de 47 a 68% das fezes. As fezes sofrem degradação para liberação de nutrientes, sendo que essa degradação envolve processos físicos e biológicos. Os processos físicos ocorrem através das gotas de chuva e da ação dos cascos dos animais, e os processos biológicos através da ação de organismos vivos no solo como microrganismos, insetos e minhocas (HAYNEY e WILLIAMS, 1993, citados por MONTEIRO e WERNER, 1998).

A forragem não consumida pelos animais é outra fonte de retorno de nutrientes para o sistema, além das associações entre raízes com microrganismos, pois essas podem significar importantes contribuições ao sistema, principalmente em relação à fixação de nitrogênio. Essa contribuição das forrageiras apresenta distribuição uniforme na área da pastagem, ao contrário das excreções animais que são distribuídas de forma desuniforme na pastagem. O material morto das plantas que retorna ao solo sofre decomposição e libera os nutrientes nele contido. Quanto à liberação de nitrogênio, a proporção desse nutriente mineralizado na pastagem está relacionada à concentração do mesmo no material morto da forrageira.

O uso de fertilizantes e corretivos tem efeito direto e benéfico na produção de matéria seca (MS) e na qualidade da forragem e, conseqüentemente na produção animal, sendo que o emprego de fertilizantes e corretivos aumenta a disponibilidade de nutrientes para reciclagem no sistema. As partes da planta não consumidas pelos animais, como as raízes, têm seu desenvolvimento estimulado devido a adição de nutrientes, e poderão contribuir para a reciclagem de nutrientes como resíduos vegetais.

A suplementação alimentar dos animais que estão na pastagem através de grãos e misturas minerais supre os nutrientes para o sistema, contribuindo para manutenção e/ou aumento de produção animal/unidade de área e, através das excretas resultam em aumento na quantidade e melhoria de qualidade da forrageira.

Na atmosfera há compostos de nitrogênio ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}$ , e em combinações orgânicas) e de enxofre ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), e estes podem ser adicionados ao sistema da pastagem através das chuvas. Essa quantidade de nutrientes na atmosfera é influenciada pela presença de indústrias na região.

A água ingerida pelos animais diariamente é outra forma dos nutrientes entrarem no sistema e a quantidade de água requerida por animal por dia depende de vários fatores, tais como: atividade do animal, estágio de desenvolvimento e produção, tipo de dieta e temperatura ambiente.

#### **4. Nitrogênio (N) e fósforo (P) na pastagem**

O conhecimento dos requerimentos e funções do N e P das plantas e dos animais são importantes no manejo da pastagem. O comportamento destes nutrientes no ecossistema é diferente. O N é móvel ou tem potencial para ser convertido em formas móveis, e é considerado como “não- conservativo”. O P é imóvel e é considerado

nutriente “conservativo” em várias circunstâncias. Recentemente vários estudos estão considerando o impacto ambiental que os sistemas podem proporcionar em relação à qualidade do ar (amônia-NH<sub>3</sub>, óxido nitroso-N<sub>2</sub>O, e NO<sub>x</sub> emitidos e transferidos) e da água (nitrato-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, nitrito-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, e várias formas de P móvel). Os aumentos dos níveis de NH<sub>3</sub> na atmosfera tem resultado na mudança do status de N e reduzido o pH do solo em ecossistemas com insuficiente proteção. Óxido nitroso influencia a atmosfera em relação à qualidade e contribui para o aquecimento global e mudanças climáticas e/ou controles da concentração de ozônio. Ambos, NH<sub>3</sub> e N<sub>2</sub>O, nesse sistema que envolve o alojamento de animais é importante, pois ocorre compactação do solo devido ao grande número de animais.

O interesse sobre como os nutrientes influenciam a composição do relvado vem crescendo. Dois aspectos podem ser considerados, o primeiro, envolve a diversidade da composição botânica e, o segundo, a mistura apropriada envolvendo espécies forrageiras (leguminosas) em um sistema de produção. Os níveis de P no solo tem maior restrição ao controle da tentativa de retornar à pastagem devido aos vários manejos existentes e adotados. Outro aspecto, considera a adição de N e P no controle e manutenção de misturas de leguminosas nas pastagens.

#### **4.1. Transferência de N e P dentro da pastagem**

##### **A. Fontes de nutrientes e ciclagem**

As fontes externas ao sistema podem adicionar nutrientes ao mesmo, e as internas servem para realimentar importantes pontos do sistema.

A adição de N e P no solo através da fertilização, da atmosfera e de outras maneiras são importantes para a pastagem, principalmente quando o nutriente é provindo de outro sistema. Quando os animais são suplementados, podem ser importantes “fontes” de N e P para o sistema total, principalmente quando considera o modo de pastejo da área. Em regiões de clima temperado, essa adição pode ser substancial: por exemplo, a típica fazenda de leite receberá mais de 15% de N anualmente devido ao ciclo e reciclagem de nutrientes pelas excretas dos animais. A proporção de P é de 65% e pode ser calculada pelo excesso devido a acumulação de excreções animais. Internamente a suplementação de N e P são reguladas por fatores que envolvem matéria orgânica do solo

e fezes e urina. Sem essa adição, a pressão de pastejo tem despertado interesse para realização de estudos nesta área de sustentabilidade do ecossistema devido a redução da fertilidade das pastagens.

Outra forma de adição de N é através da associação de bactérias com leguminosas. A taxa de fixação de N através das associações simbióticas de bactérias (dos gêneros *Rhizobium* /*Bradyrhizobium*) com leguminosas forrageiras tropicais e subtropicais tem sido, em média, entre 40 e 290 kg/ha/ano. De acordo com CARVALHO (1986) citado por MONTEIRO e WERNER (1998), uma estimativa de contribuição das leguminosas para pastagens consorciadas, em comparação com aplicação de fertilizantes nitrogenados e em termos de quantidade de proteína bruta na área, tem oscilado de 50 até mais que 225 kg N/ha/ano.

O suprimento de P é regular, devido aos processos físicos-químicos e tem sido de grande interesse nos últimos anos devido a baixa difusão do P no solo. Interações entre o estado físico e químico do solo e a suplementação de P, tem importante papel no fluxo e transferência dentro do sistema. Muito P é retido na matéria orgânica do solo e envolvido na atividade dos microrganismos da biomassa do solo. A Micorriza desempenha importante papel na transferência de P para as plantas associadas devido as fontes de P não estarem diretamente acessíveis para as raízes; sendo este mecanismo essencial para algumas leguminosas. O P retorna através do esterco, assim este terá importante papel na determinação da distribuição e das atividades dos microrganismos.

O N está presente na forma orgânica no solo e em algumas situações o recurso provém do controle do fluxo anual do sistema. Os processos de controle são a mineralização bruta e a imobilização bruta, ambos são dependentes das atividades da massa microbiana do solo. Na prática, o que importa é o efeito líquido do balanço entre os dois processos, por exemplo mineralização líquida, o resultado é o aparecimento de  $\text{NH}_4^+$  no solo. As metodologias recentes envolvem as taxas brutas e líquidas.

Duas direções são lançadas para explicar o sistema: a primeira, envolve o melhor conhecimento do mecanismo do processo bruto, e a segunda, diagnósticos práticos para mensurações de campo. As técnicas atuais avaliam a mineralização e imobilização brutas pela mensuração de N marcado, o  $^{15}\text{N}$  e isto é permitido pela observação de diferenças, as quais não aparecem na mensuração das taxas líquidas. O balanço entre os dois processos brutos é importante para que a planta possa realizar controle imediato do N que flui para as raízes.



Os processos de imobilização/mineralização são controlados pela atividade da biomassa microbiana do solo e são sensíveis as mudanças de manejo. A curto prazo pode apresentar uma pequena influencia sobre o conteúdo de biomassa total, mas a longo prazo pode influenciar a relação C: N dos componentes da matéria orgânica do solo, tamanho da biomassa e composição. O tamanho da biomassa microbiana não é influenciado imediatamente pelas mudanças, mas sua atividade é, e conseqüentemente os processos de controle e o tamanho.

O balanço anual entre mineralização e imobilização pode, em princípio, flutuar do positivo para o negativo de acordo com as condições ambientais e qualidade e quantidade de substratos. Em muitas situações em produção de forragem, a mineralização líquida está aumentando indicando que há um balanço positivo de mineralização contra imobilização na massa microbiana. Entretanto, imobilização ou acumulação de N orgânico no solo é retornado em planta, raízes e excretas. Por esta razão, a mineralização líquida positiva é compatível com a acumulação positiva de N orgânico, provindo do N que foi adicionado à matéria orgânica. As pastagens acumulam matéria orgânica por períodos longos, mas as taxas decrescem com o tempo e tendem para um equilíbrio que possibilite a manutenção da pastagem.

Os ciclos de nitrogênio e de fósforo podem ser observados nas figuras 2 e 3, respectivamente. A atmosfera é constituída de 78% de N, sendo uma importante fonte desse nutriente. Em relação ao P, um fator que deve ser considerado é o pH do solo (pH entre 6 e 7).

Figura 2: Ciclo do nitrogênio (Forages, volume II: the science of grassland agriculture, 1995).

Figura 3: Ciclo do fósforo no solo: componentes e mensurações de frações (Forages, volume II: the science of grassland agriculture, 1995).

## **B. Efeito da fertilidade do solo**

O nível de fertilidade do solo é muito importante no desenvolvimento de qualquer forrageira. Como há poucas áreas que apresentam boa fertilidade, é necessário a realização de aplicações de elementos indispensáveis para o desenvolvimento das

fornageiras. Entre os principais elementos para tal desenvolvimento estão o nitrogênio e o fósforo, e estes na maioria das vezes são deficientes nas pastagens.

Ao utilizar fontes de fósforo deve-se considerar a solubilidade dos fosfatos, pois os solúveis proporcionam respostas imediatas e os não solúveis proporcionam respostas iniciais lentas mas o efeito é prolongado. A curva de resposta à aplicação de P pode ser observada na figura 4.

Quanto ao nitrogênio, para cada kg de N aplicado haverá um aumento no rendimento de forragem (20kg de MS/kg N). A utilização de N aumenta o conteúdo de proteína bruta na planta, podendo haver aumento na digestibilidade da MS e consequentemente no consumo animal. Na figura 5 podemos observar a curva de resposta à aplicação de N.

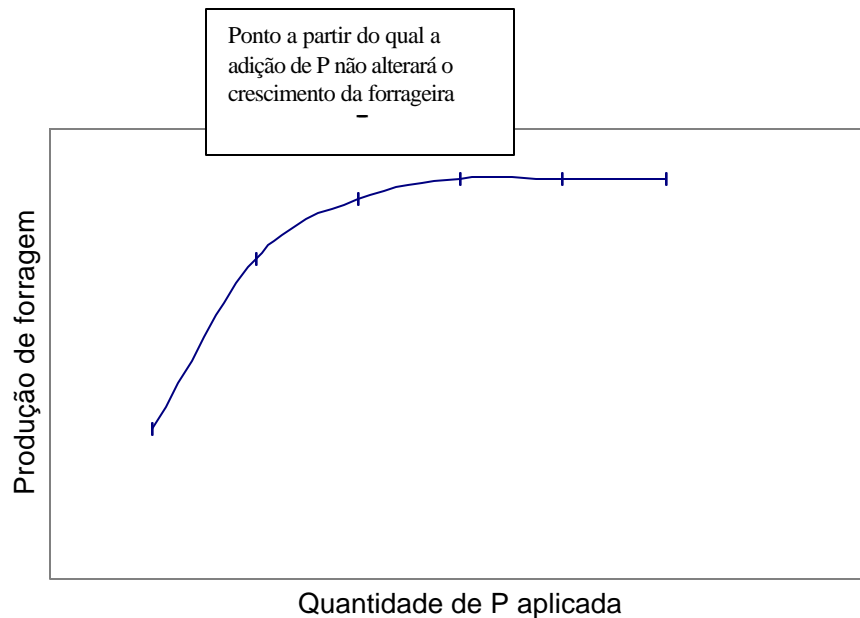


Figura 4: Relação entre níveis de fósforo e produção de forragem (GARDNER et al., 1985).

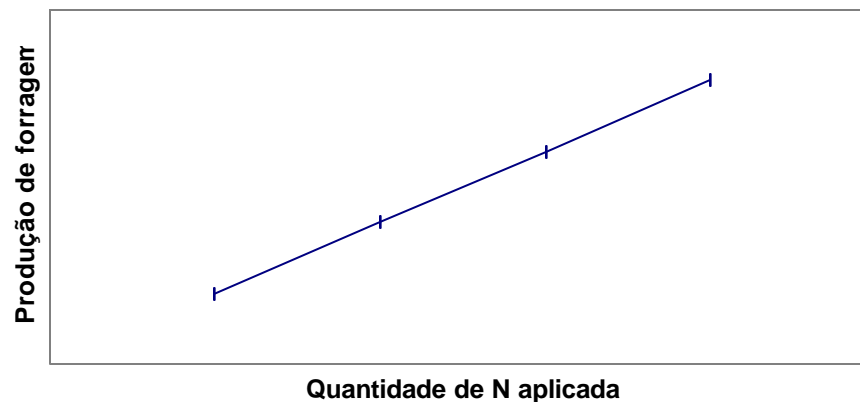


Figura 5: Relação entre níveis de nitrogênio aplicados e produção de forragem (GARDNER et al., 1985).

### **C. Pastejo animal**

O pastejo tem impacto imediato sobre a concentração de N no solo. Os controles fisiológicos que aumentam o N em raízes são severos quando as plantas são removidas, principalmente em pastejo intensivo. O aumento da saída/perda de N e compostos de C na rizosfera de plantas influencia a população microbiana e suas atividades. Ao considerar um tempo maior pode-se observar efeitos nas atividades, em geral, que ocorrem no solo com implicações na qualidade do solo e sustentabilidade. Entretanto a relação dos processos da base do solo determinam os fluxos de nutrientes, sendo que a união entre os ciclos de C e N é muito importante.

Em sistemas de pastejo, a colheita da forrageira representa de 50-60% da produção de MS bruta pelos tecidos da parte aérea e da raiz (PARSONS et al., 1991; citado por JARVIS, S. C., 1999). Através da senescência das folhas e raízes, os nutrientes retornam ao solo durante o ciclo de produção. A avaliação dos efeitos do pastejo sobre a estrutura da vegetação e a transferência de nutrientes (N e P) realizada em pastagens nativas da região dos Pampas na Argentina mostra que em pastejo (i) geralmente, a recolocação de N e P na planta: 80-90% e 63-75%, respectivamente, ocorre na biomassa que está sob pastejo ou de forragem não disponível; (ii) há baixa concentração de fósforo em gramíneas e (iii) resulta em bom conteúdo de nutrientes (30-50%) com aumento da taxa de mineralização e geralmente acelera a taxa de ciclagem (CHANETON et al., 1996 citado por JARVIS, S. C., 1999).

A ciclagem de nutrientes dentro do sistema de pastejo é através do retorno dos nutrientes pelas excreções animais, principalmente N. A quantidade de N excretada depende da adição de N ao sistema e do seu conteúdo na dieta, considerando que nas fezes a concentração de N é relativamente constante, assim o nível de uréia pode ser responsável pelo consumo de N. A distribuição entre fezes e urina tem aplicações na reciclagem e perdas no solo.

O solo é heterogêneo e o pastejo pelos animais contribui para essa heterogeneidade, influenciando os processos de transferência de N e P. A distribuição de excretas na pastagem é desuniforme, as fezes podem cobrir uma área de 0,5 m<sup>2</sup> com

pequena sobreposição. O esterco contém pouco N móvel quando comparado com a urina, mas pode representar o equivalente a 2000 kg de N/ha.

Excretas retornam a pastagem, especialmente através da urina, pois apresenta alto conteúdo de N e outros nutrientes, atividade e potencial de transferência por sistema. Alguns compostos voláteis, como  $\text{NH}_3$ , podem causar, imediatamente, no local de colheita maiores demandas por N. Isto terá um impacto imediato sobre os processos e atividades da massa microbiana do solo.

As atividades microbianas são melhoradas através da transferência de nutrientes e outros materiais em excretas, da comparação de solos antes do pastejo, da introdução de pastejo e florestas mostram que, surpreendentemente dependem do manejo adotado. Foi observado na Nova Zelândia que a baixa fertilização de P e P microbiano não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes sistemas em relação a atividade microbiana (ROSS et al., 1999, citado por JARVIS, S. C., 1999).

Num sistema de pastejo estima-se que 45-54 kg de N e 5-8 kg de P/ha são oriundos das fezes, representando uma importante contribuição para os requerimentos anuais dos animais em uma fazenda.

A quantidade de N e outros nutrientes minerais, como P, são removidos através do pastejo pelos animais proporcionando ganho ou produção de produtos animais como leite e pode-se estimar a composição mineral pelo crescimento de bezerros ou produção de leite (Quadro 1). Os nutrientes minerais após serem utilizados pelos animais são excretados na urina e nas fezes, em proporções que variam em função de cada nutriente (Quadro 2).

Quadro 1: Remoção típica de nitrogênio e minerais em produtos animais de pastagens (adaptado por Wilkinson e Lowery, 1973; Wilkinson e Stuedemann, 1992)

Nutrient	Steer liveweight gain (g/kg)	Cow's milk (g/kg)
Nitrogen	27,2	0,6
Phosphorus	6,8	1,0
Potassium	1,5	1,2
Sulfur	1,5	0,4
Calcium	12,8	1,1
Magnesium	0,4	0,01

Fonte: MATHEWS et al., 1996.

Quadro 2: Distribuição de macronutrientes da planta e sódio em excretas (adaptado por Henzell e Ross, 1973; Wilkinson e Lowery, 1973; Haynes e Williams, 1993)

Nutrient	Dung	Urine
Nitrogen, g/kg DM intake	8	Remainder
Sulfur, g/kg DM intake	1	Remainder
Phosphorus, %	100	Trace
Potassium, %	10-30	70-90
Calcium, %	100	Trace
Magnesium, %	70-90	10-30
Sodium, %	30-40	60-70

Fonte: MATHEWS et al., 1996.

## 5. Perdas e fluxo no sistema

Vários são os meios de perdas de nutrientes do sistema. A perda para a atmosfera ocorre na forma de gases. A volatilização de nutrientes do solo, particularmente nitrogênio e enxofre, ocorre em função de condições ambientais específicas.

A perda de nutrientes através da lixiviação depende da disponibilidade e solubilidade dos nutrientes no solo, da textura desse solo e da quantidade e distribuição das chuvas. A atividade animal nas áreas de pastejo influencia as perdas de nutrientes por lixiviação, pois o animal colhe a forragem de forma relativamente homogênea em toda área, retém uma parte e devolve o restante de nutrientes contidos nessa forragem em alguns pontos na forma de urina e fezes. A quantidade de nutrientes provenientes de excretas (principalmente quanto à urina) geralmente excede aquela requerida pela forragem. Portanto a lixiviação de nutrientes (N, S e K) pode representar grande perda de nutrientes do sistema.

Os nutrientes ainda são removidos através das forragens e de produtos animais. As quantidades de nutrientes removidas pela forragem são em função direta da produtividade e da composição mineral da forrageira, os quais variam com a espécie cultivada, o nível de adubação e de fertilidade do solo, e outras técnicas relacionadas ao

manejo da pastagem. Quanto aos animais os nutrientes irão fazer parte do corpo do animal.

### **5.1. Nitrogênio (N)**

O fluxo de N ocorre junto, e é regulado, com a fixação e fluxo de C: os processos e fluxos de N são mais regulados e controlados no sistema com a ampla relação C:N. As perdas de N variam com a temperatura do ambiente e aumentam com a intensidade de manejo (quadro 3). A volatilização de N ocorre através de três mecanismos: (1) desnitrificação microbológica, com liberação de  $N_2$ ,  $N_2O$  e  $NO$ ; (2) decomposição química do nitrito e (3) perda não-biológica de amônia (ALEXANDER, 1977, citado por MONTEIRO e WERNER, 1998). Essa volatilização é influenciada por fatores ambientais, tais como: pH do solo, suprimento de oxigênio, nível de umidade do solo e temperatura. O pastejo pelos animais influencia o ciclo de N em relação ao sentido físico e químico. Assim influencia indiretamente a qualidade da pastagem através da diversidade de plantas e das condições de mineralização do N, e da disponibilidade das formas minerais no solo provindas de urina e fezes. A magnitude do retorno de N da planta para o solo em excretas é função do peso animal (capacidade de consumo) e de características da forrageira em relação ao conteúdo de N e níveis de tanino.

#### **a) Lixiviação de nitrato:**

A análise de vários dados mostra que perdas por lixiviação em pastagem pode ser substancial. Geralmente as perdas por lixiviação aumentam com o aumento da fertilidade ou outros “inputs”, mas a difusão é ampla no local porque há diferenças no solo em relação ao status de drenagem/aeração, idade do relvado, manejo anterior e manejo atual e condições climáticas. A quantidade móvel ou o potencial de lixiviação de  $NO_3^-$  é o reflexo do balanço dos processos de remoção com a baixa taxa de lixiviação sob relvado novo (maior imobilização) do que sob relvados velhos (maior mineralização), e após boas condições de crescimento e com pesada textura do solo (menor drenagem e mineralização, e maior desnitrificação). As perdas anuais por intensidade de manejo em pastagem temperada pode ser considerada e representa menos de 13% da introdução anual de N em fazendas de gado de leite. Na tentativa de minimizar estas perdas pode-se adotar novas práticas de manejo (quadro 4).

Quadro 3: Taxa de perdas de  $\text{NO}_3^-$ -N por tipo de terra (JARVIS, 1999, citado por JARVIS, 1999)

Vegetation type/predominant land use		Loss rate (kg/ha/yr)
Moorland		0,2-1,6
Low intensity grassland		0,2-2,0
Forest - Sweden		2,0-3,8
- USA		4,5
Loch leven (Scotland)	Agricultural catchment	7,5
Slapton Ley (S W England)	Agricultural catchment	5,7-6,8
River Ouse (England)	Agricultural catchment	26,4
Swiss Alps	Agricultural catchment	36,8
	Low land agriculture	84,3
Intensive grazing (England)		56,5
Perthshire (Scotland)	Agriculture (general)	58,8
	Soft fruit	79,5
Intensively managed lake catchment (Denmark)		131,1-198,8

Fonte: JARVIS, 1999.

Quadro 4: Predição dos efeitos de diferentes manejos de N sobre  $\text{NO}_3^-$ -N devido a perdas por lixiviação em uma fazenda de gado de leite em UK (JARVIS et al., 1996, citado por JARVIS, 1999)

Management	Fertilizer N applied	$\text{NO}_3^-$ -N leached		
		Kg N/ha/yr	% total N input to farm	% fertilizer N input
1. Conventional	250	56	17	23
2. Tactical N+ slurry injection	155	32	13	21
3. Grass/clover	-	28	13	-
4. Grow maize silage	185	35	13	19

Fonte: JARVIS, 1999.

A perda por lixiviação está associada à acumulação de  $\text{NO}_3^-$  oriunda da urina e sua vantagem para o sistema quando chove em excesso. Pesquisas que estudam a dinâmica de N sob produção de excretas produziram uma estimativa de lixiviação entre 150-320 kg N/ha. O impacto disso varia com o consumo animal e sua excreção, e o número de animais. (quadro 5)

Quadro 5: Perdas por lixiviação de N inorgânico e orgânico (kg N/ha/ano) oriundas de fazendas experimentais em IGER (resultados não publicados, preliminares) (JARVIS,1999)

Treatment	Total N	$\text{NO}_3^-$ -N	Organic N	% loss as organic N
<i>Permanent swards</i>				
- Conventional management (280 kg N/ha)	12	7	5	42
- Best management practice (c. 220 kg N/ha)	7	3	4	5
<i>Reseed swards</i>				
- Conventional management (Autumn: 280 kg N/ha)	74	70	4	6
- Best management practice (Spring: c. 220 kg N/ha)	12	8	4	32

Fonte: JARVIS, 1999.

### **b) Desnitrificação:**

A desnitrificação é o processo de transformação  $\text{NO}_3^-$  em formas gasosas ( $\text{N}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ): a maioria do N mineral no solo ou meio aquático é transformado desse modo, retornando a atmosfera. A emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  pelos sistemas de agricultura podem ser considerados, estima-se que menos de 22% do N adicionado anualmente em sistemas intensivos para gado de leite são transformados em gás. A volatilização diária pode ser de 0,003 a 0,3 kg N/ha, como consequência dessa desnitrificação (ALEXANDER, 1977, citado por MONTEIRO e WERNER, 1998). A produção de  $\text{N}_2\text{O}$  deve ser considerada em estufas e na geração de ozônio. Sob ótimas condições (anaerobiose no solo, temperatura > 8° C, suprimento de  $\text{NO}_3^-$  e energia) o potencial para perda por



desnitrificação em pastagem tem sido sugerido por COLBOURNE (1992, citado por JARVIS, 1999), como > 30 kg de N/ha/dia. Tanto o esterco como a urina são importantes fontes para a atividade de desnitrificação. (quadro 6)

Quadro 6: Taxas de desnitrificação em (a) pastejo e corte do relvado após receber 60 kg de N/ha durante o verão e (b) durante o outono após 420 kg de N/ha terem sido aplicados (RYDEN, 1985; RYDEN e NIXON, 1985; citados por JARVIS, 1999)

	g N/ha/d		
	Cut sward	Dung and urine patches	Grazed sward Areas not affected by excreta
(a) day 3 after fertilizer	40	199	58
days 3-20 after fertilizer	4-40	32-436	13-64
(b) October 21	< 1	352	164
November 30	9	50	16

Fonte: JARVIS, 1999.

Os dados apresentados no quadro acima mostram: (i) o efeito imediato da fertilização; (ii) as diferenças dos efeitos a longo-prazo para corte e pastejo; e (iii) a diferença entre o impacto de excretas e o retorno á pastagem. A desnitrificação prevalece na textura e drenagem do solo, mas pode ter impacto sempre que os poros do solo se tornam anaeróbicos e podem até melhorar a drenagem no solo. Os animais em pastejo contribuem para a condição de anaerobiose ao andar e compactar o solo.

### c) Amônia volátil:

Outra via de transferência de N é através de NH<sub>3</sub> volátil. A excreção de N na forma de uréia por animais domésticos é a principal fonte no aumento da concentração de NH<sub>3</sub> na atmosfera.

As perdas de N através da lixiviação associada às perdas por volatilização podem representar a principal forma de saída do elemento de uma pastagem exclusiva de gramínea e tornar-se a principal causa de degradação de tal pastagem, caso não haja reposição desse nutriente através de fonte externa.

## 5.2. Fósforo (P)

Nos sistemas de agricultura ocorrem perdas de P, embora haja conservação do nutriente devido a forte capacidade de retenção do solo. A difusão de P pode influenciar a qualidade da água, pois em alguns casos é o agente casual dos efeitos de eutrofização em superfícies aquosas. O quadro 7 mostra exemplos do balanço para manejos extensivos e intensivos de pastejo sob condições do Reino Unido (UK). No caso do manejo extensivo ocorreu acumulação gradual de P no solo. Em algumas circunstâncias a adição continua pode proporcionar um excesso da capacidade de absorção do solo e um movimento do nutriente para fora do sistema. A prática de adubação após o pastejo ou corte visa replantar o nutriente, P, isto é, o balanço através da adição de P. Em pastagens, o efeito é exagerado, pelo padrão de distribuição no solo, assim a adição de P, se for através de fertilização ou esterco, ocorra imobilização química e separação em alguns cm de solo.

Quadro 7: Adição anual, remoção e ciclagem de P em fazenda de gado de leite com manejo intensivo e fazenda (Upland) com ovelhas (kg/ha/ano) (HAYGARTH et al., 1998, citado por JARVIS, 1999)

	Dairy farm	Upland
<i>Inputs</i>		
Fertilizers	16	0,48
Feeds e outros	27	0,20
<i>Outputs</i>		
Milk	15,6	-
Animals	0,5	0,14
Wool	-	<0,01
<i>Balance</i>	+26	+0,2

Fonte: JARVIS, 1999.

## **6. Considerações finais**

Os nutrientes minerais têm várias funções, são essenciais para o crescimento normal das plantas e dos animais. As plantas são a principal fonte de nutrientes para os animais. Os nutrientes disponíveis às plantas são oriundos do solo e da atmosfera.

Os nutrientes excretados pelos animais são rapidamente mineralizados pelos microrganismos do solo e podem ser utilizados pelas forrageiras para seu desenvolvimento. Aproximadamente 60 a 90% dos nutrientes ingeridos pelos animais retornam a pastagem como excretas. Durante esse processo de ciclagem e reciclagem de nutrientes ocorrem algumas perdas por lixiviação e volatilização dos elementos, como o nitrogênio.

A eficiência com a qual os nutrientes são reciclados nos sistemas de pastagens dependem de manejo animal, de fatores climáticos e de condições do solo. Assim as interações entre os componentes solo, planta e animal, os efeitos do suprimento de nutrientes tornam a ciclagem de nutrientes no sistema complexas, mas essa ciclagem tem importantes implicações na produtividade e qualidade da forrageira e, conseqüentemente, do animal. Em particular o nitrogênio e o fósforo são considerados elementos importantes na produção de matéria seca, em sistemas intensivos e extensivos de utilização das forrageiras.

## **7. Referências bibliográficas**

BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. et al. Forages 5ª edição, 1995.

GARDNER, A. L.; ALVIM, M. J. Manejo de pastagem. In: Documento nº 19 da EMBRAPA, 1985.

GRIFFITH, W. K.; MURPHY, L. S. Macronutrients in forage production. In: *Symposium held*, Columbia, Missouri, March 1996.

HEATH, M. E.; BARNES, R. F.; METCALFE, D. S. Forages: the science of grassland agriculture. 4ª edição, 1985.

- JARVIS, S. C. Soil- plant- animal interactions and impact on nitrogen and phosphorus cycling and re- cycling in grazed pastures. In: *Simpósio internacional "Grassland ecophysiology and ecology"*, Curitiba, 1999.
- JOOST, R. E. Nutrient cycling in forages systems. In: *Symposium held*, Columbia, Missouri, March 1996.
- MARTZ, F. A.; WEISS, M. F.; GERRISH, J. R. Macromineral availability and utilization by grazing livestock. In: *Symposium held*, Columbia, Missouri, March 1996.
- MATHEWS, B. W.; SOLLENBERGER, L. E.; TRITSCHER II, J. P. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures- soil considerations. In: *Symposium held*, Columbia, Missouri, March 1996.
- MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: *Anais do 14º Simpósio sobre manejo da pastagem*, FEALQ.
- RUSSELLE, M. P. Nitrogen cycling in pasture systems. In: *Symposium held*, Columbia, Missouri, March 1996.
- WEDIN, D. A. Nutrient cycling in grassland: an ecologist's perspective. In: *Symposium held*, Columbia, Missouri, March 1996.