

06794
1986
FL-PP-06794

FERTILIDADE EM SOLOS SOB PASTAGENS

Moacyr Bernardino Dias Filho*

Trabalho apresentado na XI Semana de Ciência e Tecnologia
Agropecuária, JABOTICABAL, SP . 05-09 de maio de 1986.

*Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópi
co Úmido (CPATU) da EMBRAPA, Belém-PA.

FERTILIDADE EM SOLOS SOB PASTAGENS

Moacyr Bernardino Dias Filho*

I. INTRODUÇÃO

Desde o seu estabelecimento e através da utilização da pastagem, a fertilidade do solo que sustenta esta biomassa vegetal esta sujeita a uma série de transformações motivadas por fatores que podem ser direta ou indiretamente influenciados pelas práticas de manejo que regem a exploração da pastagem.

Devido a presença do animal em regime de pastejo, o ciclo de nutrientes em ecossistema de pastagens apresenta diferenças marcantes de outros sistemas agrícolas. Sendo mais complexo e de mais difícil preservabilidade.

Geralmente existe uma tendência de não se considerar a pastagem um sistema agrícola, não sendo prática comum a reposição de nutrientes para o sistema através de fertilizações periódicas. Devido a esta tendência a exploração da pastagem torna-se um processo no qual o manejo raramente contribue para a melhoria da fertilidade do solo, podendo ser mais facilmente comparado com uma mineração do solo, condição esta que conduz a uma considerável diminuição da vida produtiva da pastagem.

O conhecimento da dinâmica da fertilidade do solo, basicamente representado pelo ciclo de nutrientes no sistema como também as influências da fertilidade do solo na utilização da pastagem é de extrema importância para o sucesso da exploração de uma pastagem.

O objetivo deste trabalho é discutir os aspectos

*Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido-EMBRAPA. Cx. Postal 48, Belém-PA.

mencionados no parágrafo anterior, assim como propor práticas de manejo que visem reduzir as perdas de fertilidade do solo sob pastagem para um mínimo aceitável.

II. CICLO DE NUTRIENTES EM ÁREAS PASTEJADAS

II.1. Características do ciclo

Por ciclo de nutrientes em um dado ecossistema entende-se basicamente a retirada, utilização, liberação e reutilização do nutriente por vários processos que compõem o sistema (TILL, 1981).

Em sistemas de produção de pastagem para corte (capineiras e forragem conservada, por exemplo), por ocasião da colheita, existe uma remoção significativa dos nutrientes do sistema absorvidos pela planta o que obriga a entrada adicional de nutrientes do meio externo neste sistema quando se pretende manter ou aumentar a produtividade. O processo seria semelhante ao encontrado em produção de culturas alimentares de ciclo curto, com a diferença que estas, com algumas exceções, apenas parte da biomassa da planta (grãos, tubérculos, etc.) seria colhida, restando ao solo grande parte da biomassa (restos de cultura) para a incorporação e posterior reciclagem de nutrientes.

No caso de sistemas de produção de pastagens exploradas sob pastejo a "colheita" da parte aérea da biomassa produzida seria feita pelo ruminante, sendo que os nutrientes consumidos seriam canalizados, segundo DEAN et al. (1975), para o solo ou para a atmosfera, ou ainda, por ocasião da retirada dos produtos animal (carne, leite ou lã), seriam removidos do ecossistema. A Figura 1 representa, de maneira simplificada, o ciclo de nutrientes em pastagens exploradas sob pastejo.

A seguir alguma discussão será feita a respeito do ciclo de nutrientes (N, P, K e S) em ecossistema de pastagem, enfocando principalmente o impacto do ruminante nas relações existentes.

II.2. Impacto do animal

Ao contrário do discutido para pastagens manejadas sob corte mecânico observa-se que em sistemas de pastejo existe um processo natural de reciclagem (Figura 1) através do qual grandes proporções dos nutrientes contidos na parte

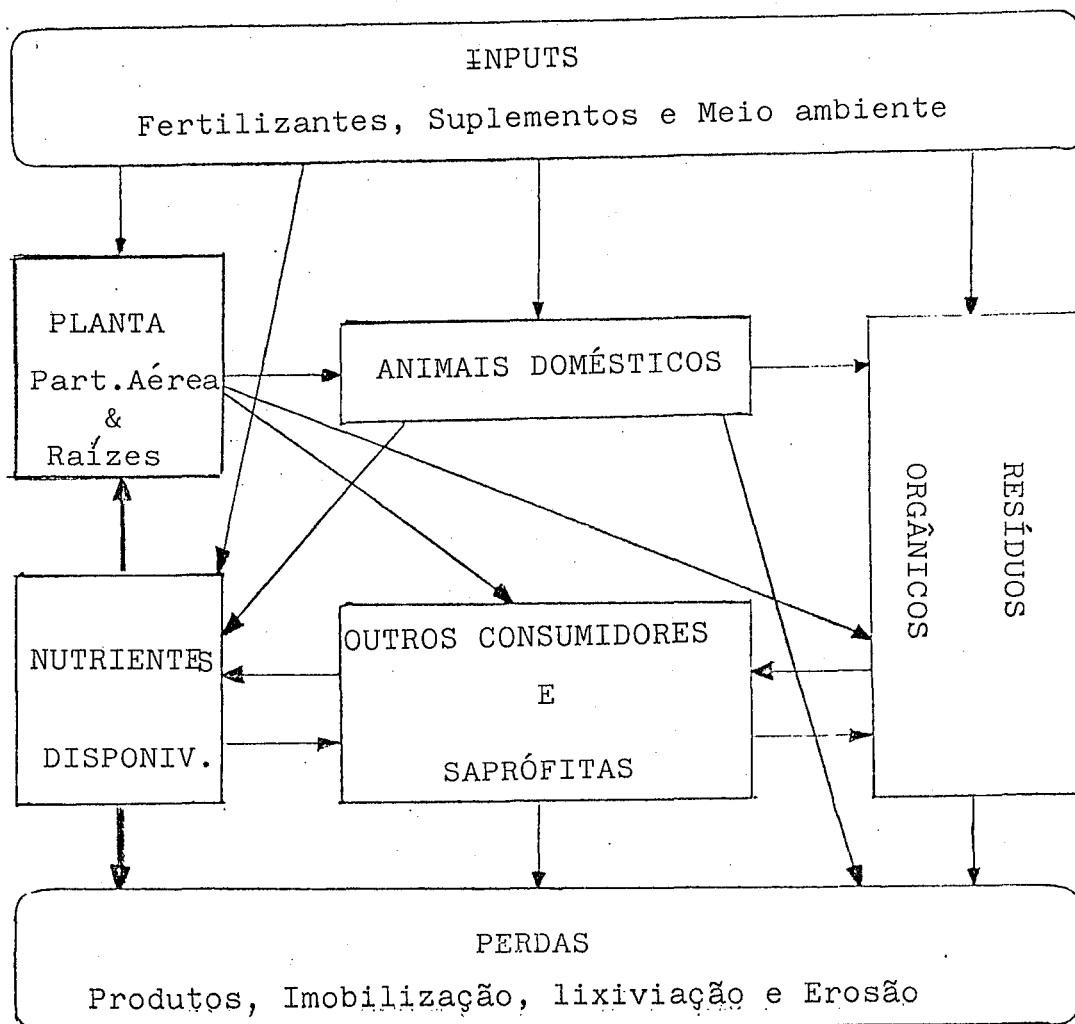


Figura 1. Diagrama simplificado do ciclo de nutrientes em pastagens exploradas sob pastejo.

Fonte: TILL (1981).

aérea das plantas são retirados e redistribuídos no sistema.

A inclusão do animal no sistema pode promover uma série de processos benéficos como por exemplo o fato do retorno de nutrientes disponíveis para a pastagem através das fezes e urina ser um processo de mais rápida mineralização do que através de resíduos orgânicos e decomposição (TILL, 1981).

Grande proporção da produção da parte aérea das forrageiras em um ecossistema de pastagem pode ser consumida pelos ruminantes e parte dos nutrientes contidos, excretados de volta ao pasto.

De acordo com MOTT (1974), entre 75-95% dos minerais ingeridos pelo gado retorna ao pasto através das fezes e urina. A retenção mineral nos animais seria influenciada por fatores, entre outros, como idade, estado nutricional, período

de lactação, além do nível de consumo (WILKINSON & LOWREY, 1973).

Não obstante os altos valores em nutrientes contidos nas fezes e urina excretados ao longo de um determinado período, isto não deve ser encarado como panacéia para os problemas de fertilidade do solo, já que a adição deste recurso ao solo não é feita através de uma única aplicação, mas sim mediante um processo gradual que duraria o período que o animal permanecesse no pasto, além de que a deposição da urina e fezes não é um processo uniforme, levando a ocorrência de áreas com marcantes diferenças no gradiente de fertilidade. Nas áreas mais favorecidas os nutrientes geralmente estariam em uma concentração muito alta para serem utilizados eficientemente pelas plantas (LOTERO et al. 1966).

Mudanças na fertilidade dos 20cm superiores de um ultissolo da Colombia, devido a deposição de fezes em um pasto de Brachiaria decumbens sob manejo rotacionado a cada 15 dias são apresentadas na Figura 2.

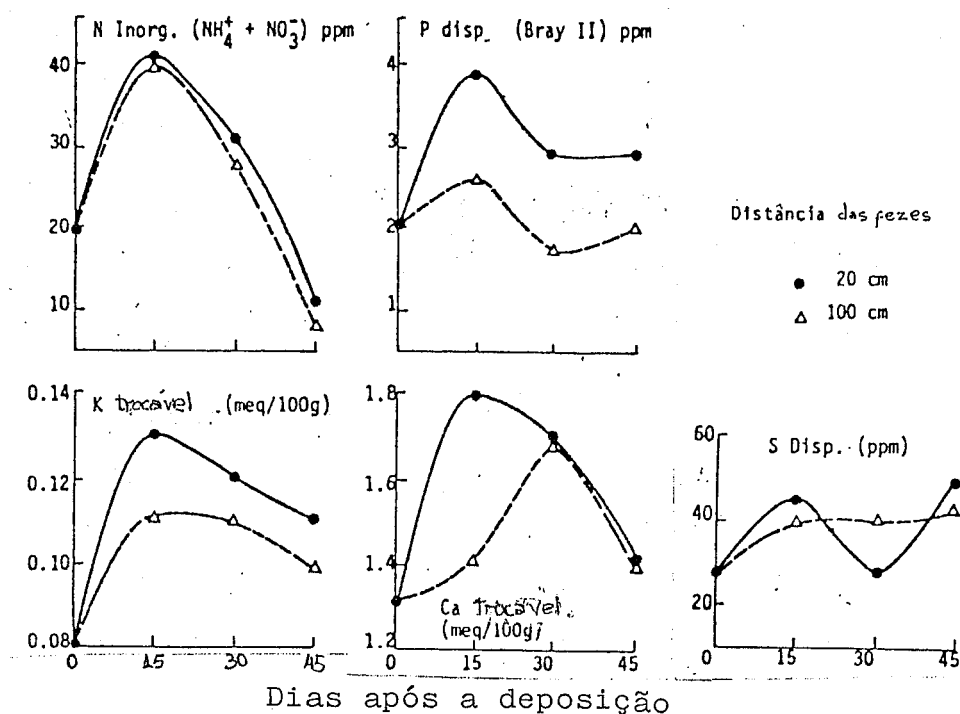


Figura 2. Mudanças na fertilidade de um ultissolo da Colombia como resultado da deposição de fezes durante o pastejo.

Fonte: SÁNCHEZ & SALINAS (1983).

Observa-se que houve inicialmente um acréscimo substancial de N inorgânico 15 dias após a deposição de fezes, havendo uma queda nas avaliações posteriores. Embora não comentado pelos autores, esta queda pode ter sido ocasionada

por condições climáticas mais propícias para a perda do N pelo sistema, além, obviamente, da rápida absoção deste nutriente pela gramínea. O P, K, S e Ca também mostraram um aumento inicial, apresentando, posteriormente uma queda, porém, menos pronunciada do que a sofrida pelo N.

Em alguns casos, perdas de nutrientes da pastagem podem ser incentivadas por uma degradação na produtividade da pastagem. SPAIN & SALINAS(1984), citados por TOLEDO(1984), comentam que nas pastagens ocorre uma perda mínima de nutrientes quando a produtividade esta chegando ao máximo, esta condição é ocasionada por plantas vigorosas (forrageiras) com sistemas radiculares mais eficientes e melhor e maior cobertura do solo, proporcionando redução da erosão e melhoria da estrutura do solo, aumentando assim a infiltração de água e absorção mais eficiente de elementos passíveis de lixiviação como o N e K.

A exportação de nutrientes na forma de produto animal é mínima (TOLEDO, 1984). Estima-se que uma produção de 400 kg de peso vivo/ha⁻¹ano⁻¹ proporcionaria uma retirada de menos de 10 kg de N, menos de 6 kg de Ca, 3 kg de P e menos de 1 kg de K, Mg e S por hectare (Figura 3).

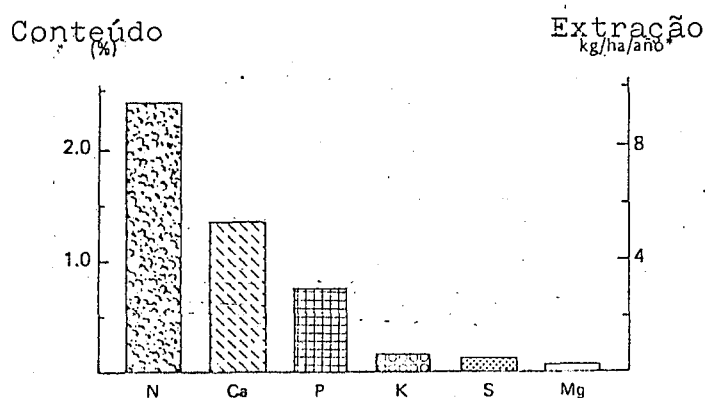


Figura 3. Conteúdo de alguns elementos no corpo do bovino vivo e a extração destes em produto.

*Baseado em uma produção de 400 kg de P.V.ha⁻¹ano⁻¹

Fonte: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1985).

Com relação a produção de leite HOLMES et al.(1980), citados por BALCH & COOKE(1982) calcularam que para uma vaca, no período de um ano, com produção de 5.500 kg de leite, um ganho de 50 kg de peso e uma parição, o N total recuperado (retirado do sistema) no leite e bezerro seria cerca de 20% do N aplicado ao solo na forma de fertilizante; é mostrado ainda que o leite produzido conteria cerca de 5% do Mg,

7% do K, 25% do Ca e 33% do P suprido pela pastagem. Praticamente todo o restante destes minerais, inclusive o N, não encontrado no leite apareceria nas fezes e urina. Para o período de 12 meses, concluem os autores, as excreções da vaca iriam conter (devolver ao sistema) 160 kg de N, 12 kg de P, 100 kg de K, 20 kg de Ca e 12 kg de Mg.

• Outra importante via de reciclagem de nutrientes em pastagens é representada pelo acúmulo e deposição, na superfície do solo, de detritos. Estes detritos seriam formados pela queda ou morte de folhas e hastes naturalmente ou durante o processo de pastejo.

Um interessante levantamento foi feito pelo CIAT (CIAT, 1985) avaliando a quantidade de nutrientes encontrados nos detritos em pastagens de gramíneas e leguminosas sob pastejo (Tabela 1).

Tabela 1. Produção anual de resíduos e nutrientes em quatro pastagens associadas em Carimágua, Colombia.

Associação	Produção de Resíduos	Macronutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	S
----- kg/ha/ano -----							
<u>P. phaseoloides</u> - <u>A. gayanus</u>	3562	77,5	3,3	12,1	59,5	9,9	6,8
<u>P. phaseoloides</u> - <u>B. decumbens</u>	7085	86,6	6,9	26,5	46,2	16,6	12,3
<u>D. ovalifolium</u> - <u>A. gayanus</u>	7537	60,3	4,9	11,8	59,8	13,5	8,3
<u>D. ovalifolium</u> - <u>B. humidicola</u>	7014	78,3	6,1	17,8	32,9	15,3	10,9

Fonte: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1985).

Estes resultados mostram que existe um substancial retorno de N e Ca, seguido de K, Mg e S e, em menor escala P. É comentado ainda que ocorre um acúmulo na época de menor precipitação, havendo na época de maior precipitação, uma rápida decomposição do material e liberação dos nutrientes que são aproveitados pelas plantas em desenvolvimento.

II. 3. Nitrogênio

Apesar de outras formas de adição de N do meio externo também existem em ecossistema de pastagens, as maiores contribuições são a fertilização e a fixação simbiótica de N (BALL & RYDEN, 1984). As adições e caminhamentos do N através de diferentes componentes de um sistema de pastagem são mostradas na Figura 4. Adições de N para o sistema como

o uso de suplementos para o gado (N não protéico, por exemplo), embora não incluídas na Figura podem, em alguns casos, assumir uma certa importância no processo.

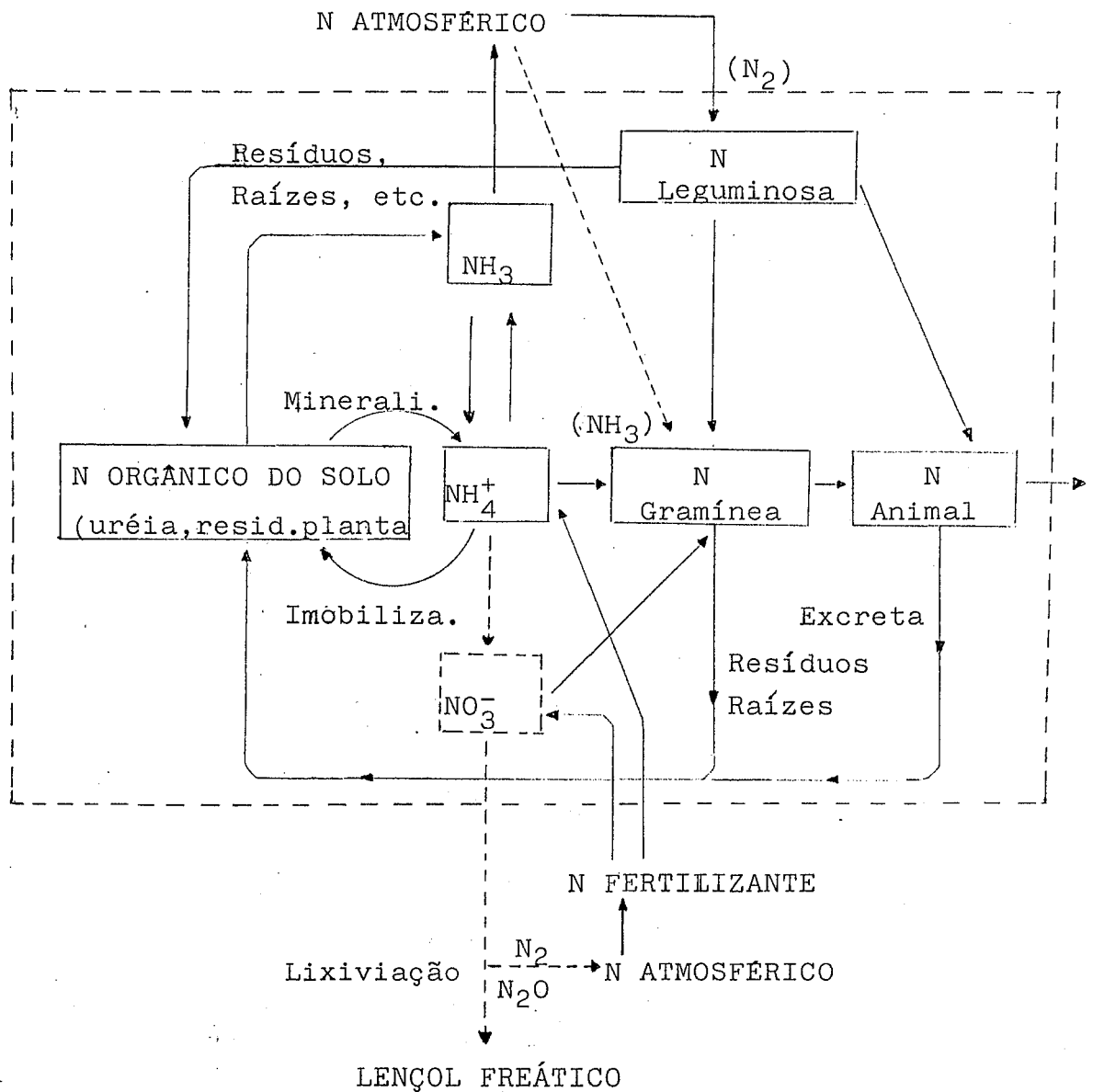


Figura 4. Principais caminhamentos do N na produção animal em pastagens utilizadas sob pastejo.

Fonte: SIMPSON & STOBBS (1981).

A seguir será discutido principalmente o efeito do animal (ruminantes) nas relações do N em ecossistema de pastagem. A influência das leguminosas na fertilidade do solo da pastagem será discutida mais adiante neste trabalho. Um estudo mais detalhado sobre os demais processos envolvidos no ciclo do N em ambiente de pastagem (temas já bastan

te conhecidos) pode ser encontrado com detalhes em HENZELL & ROSS(1973).

A inclusão do ruminante nas relações do N no ambiente de pastagem altera de maneira marcante a eficiência do uso deste nutriente.

Grande parte do N ingerido através da pastagem é devolvido ao pasto pela urina e pelas fezes (75% a 95%, segundo WHITEHEAD, 1970). Dados de SIMPSON & STOBBS(1981) mostram que em bovinos a urina contém em média 8g de N/litro⁻¹ e 2-3% do peso seco em N seria encontrado nas fezes; é evidente que a qualidade da dieta terá influência marcante nestes valores.

A excreção do N consumido se dá principalmente através da urina, sendo que 70% a 90% está presente na forma de uréia (BALL & RYDEN, 1984), este N torna-se rapidamente disponível para as plantas próximas as áreas afetadas, como uréia e, posteriormtne, como amônia (SIMPSON & STOBBS, 1981).

Estima-se que a área afetada pela mancha de urina receberia o equivalente a uma fertilização de 300-500 kg de N ha⁻¹ (SIMPSON & STOBBS, 1981; DOAK, 1952, citado por HUMPHREYS, 1981), embora valores maiores (300-1000 kg N ha⁻¹) sejam também mencionados (BALL & RYDEN, 1984).

Grande parte do N das fezes é insolúvel, estando presente na forma de compostos orgânicos, principalmente de origem bacteriana, tornando-se disponível para as plantas somente após incorporação através da fauna do solo e mineralização por microorganismos (BALL & RYDEN, 1984; SIMPSON & STOBBS, 1981).

As áreas afetadas pelas manchas de urina são as que apresentam maior potencial de perda de N (BALL & RYDEN, 1984), através de sua volatilização na forma de amônia (LANZENBY, 1983; SIMPSON & STOBBS, 1981). Estas perdas podem chegar a valores anuais de 100 kg ha⁻¹ ou médios diários de 0,26 de N ha⁻¹ (DENMEAD et al., 1974), em pasto de alfafa pastejado por carneiros. Perdas de até 1kg de N ha⁻¹ dia⁻¹ durante e imediatamente após o pastejo, foram medidas em pasto de *Lolium perene*, adubado com 420 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, pastejado por bovinos (RYDEN, 1983, citado por BALL & RYDEN, 1984).

Dados obtidos na Nova Zelândia, sob diferentes condições climáticas, mostraram que o N contido na urina é rapidamente perdido como amônia após hidrólise da uréia sendo esta hidrólise processada em um muito curto espaço de tempo (Tabela 2). Algum NH₄⁺ pode ser recuperado pelas plantas ou i

mobilizado na matéria orgânica do solo, mas uma proporção significativa é nitrificada após aproximadamente três semanas depois da deposição da urina (Tabela 2).

Tabela 2. Recuperação do N mineral (por cento do N da urina aplicado)* em perfis(0-45cm) do solo após aplicação de urina.

Dia	N60**			Total
	Uréia	NH ₄ -N	NO ₃ -N	
(a)Frio-úmido				
1	5	64	1	70
6	6	73	2	81
13	traços	44	6	50
20	0	34	12	46
31	0	24	27	51
45	0	9	37	46
88	0	1	20	21
(b)Quente-úmido				
4	0	54	5	59
11	0	26	21	47
18	0	12	39	51
25	0	2	40	42
39	0	0	31	31
53	0	0	5	5
(c)Quente-seco				
3	3	68	1	72
10	1	55	13	69
17	0	42	24	66
24	0	31	38	69
39	0	15	56	71
59	0	3	39	42
97	0	1	12	13

* Valores corrigidos para a testemunha(NO)

**Adição de 60 g N m⁻².

Fonte: BALL & RYDEN(1984).

O destino do N em pastagem consorciada de L.perene e trevo tratados com urina na Nova Zelândia pode ser visualizado na Tabela 3. A perda de NH₃ foi variável com a condição climática chegando a valores de até 66% sob condições quente-seca. A recuperação do N da urina pela pastagem foi de apenas 30%(valor médio), tendo inclusive alcançado o baixo valor de 10% em condições quente-seca. As perdas não atribuídas a amônia mostradas na Tabela 3, podem ser debitadas, conforme comentam BALL & RYDEN(1984), a lixiviação e desnitrificação.

Tabela 3. Destino do N, afetado pela estação do ano, após a aplicação de urina a uma pastagem de lolium e trevo branco na Nova Zelândia. Valores são relativos a adições de 30 e 60g N m⁻².

	F/U*	Q/U*	Q/S*	Média
ADIÇÃO	100	100	100	100
RETENÇÃO:				
Plantas	53	27	10	30
Solo	0	0	0	0
PERDAS:				
Total	47	73	90	70
Como NH ₃	6	16	66	28

*Fria-úmida(F/U); Quente-úmida(Q/U) e Quente-seca(Q/S)

Fonte: BALL & RYDEN(1984)

A perda do N(NH₃) em sistemas de pastejo, segundo recente trabalho, é maior durante e imediatamente após o pastejo (RYDEN, 1983, citado por BALL & RYDEN, 1984), este resultado fortalece a ideia que a inclusão do ruminante no sistema altera a eficiência do uso de N, notadamente em pastagens adubadas com este elemento e manejadas intensivamente. Em pastagens de baixa fertilidade, manejadas de forma extensiva, onde existiria uma deficiência de N, a reciclagem deste elemento teria, provavelmente, um menor impacto (SIMPSON & STOBBS, 1981).

Para as condições brasileiras, onde raramente seria alcançado, nas áreas de deposição de urina e fezes, uma concentração pronunciada de excesso de N dietético proveniente da pastagem, as perdas não alcançariam valores tão altos como nos casos acima mencionados, porém, as tendências seriam provavelmente mantidas.

II. 4. Fósforo, Enxôfre e Potássio

A excreção do P ingerido é feita principalmente através das fezes, sendo que a proporção de P encontrado na forma inorgânica é bastante variável (TILL, 1981). No estudo conduzido por BROMFIELD & JONES (1970) as proporções de P inorgânico variaram de 35 a 80%.

Quando comparado com o P contido na planta, o P excretado por carneiros tem maior proporção de P insolúvel em água, sendo que parte do P fecal orgânico é liberado tão lentamente que pode representar uma perda de P do sistema (BROMFIELD & JONES, 1970). Segundo TILL(1981), o efeito líquido

do pastejo na reciclagem do P é um parâmetro ainda difícil de estimar.

A excreção do S tem um efeito benéfico para a pastagem. O S é consumido principalmente em formas orgânicas (contido nas proteínas, por exemplo) e, excetuando as situações com grande deficiência, uma alta proporção do S total ingerido será excretado como sulfato inorgânico através da urina (BARROW & LAMBOURNE, 1962), uma forma apropriada para a utilização pelas plantas.

Um estudo detalhado do ciclo do S em ecossistema de pastagem pode ser encontrado no trabalho de TILL & MAY (1970).

A maioria do K excretado encontra-se na urina. Grande parte do K na planta e nas excreções torna-se rapidamente disponível para reutilização (TILL, 1981; WILKINSON & LOWREY 1973).

O maior problema na reciclagem do K seria devido a não distribuição deste elemento de forma uniforme no pasto através da urina, principalmente em condições de baixas taxas de lotação.

III. DINÂMICA DA FERTILIDADE EM SOLOS SOB PASTAGENS CULTIVADAS NA REGIÃO DO TRÓPICO ÚMIDO

III.1. O solo sob floresta

O solo sob floresta na região tropical apresenta, via de regra, baixa fertilidade natural, sustentando a exuberante biomassa vegetal graças a um harmonioso processo de reciclagem de nutrientes (SCHUBART et al., 1984; TOLEDO & SERRÃO, 1982).

Através deste processo ocorre uma deposição constante de detritos provenientes da biomassa da floresta que se acumulam na superfície do solo (detritos estes coletivamente chamados de liteira ou serrapilheira), liberando gradualmente os nutrientes que serão absorvidos pela comunidade vegetal e, posteriormente, devolvidos ao solo. Dados de quatro anos de observações na Amazônia colombiana (MUNÉVAR et al., 1981) indicam que a floresta produz cerca de $9,5 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de matéria seca de detritos finos (folhas, gravetos, flores e frutos). Valor semelhante ($7,4 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) foi encontrado em levantamento feito em floresta a 70km de Manaus por SCHUBART et al. (1984).

Em ecossistema de floresta na Amazônia colombiana a queda de detritos provocou uma reciclagem anual por hecta

re de 166,2 kg de N, 4,7 kg de P, 21,8 kg de K, 54,3kg de Ca e 22,2 kg de Mg (MUNÉVAR et al. 1981). Para um ecossistema semelhante, próximo a Manaus, retornaram ao solo, através da queda de detritos vegetais finos, em quilogramas por hectare por ano: N, 105,6; P, 2,2; K, 12,7; Na, 5,0; Ca, 18,4 e Mg, 12,6 (SCHUBART et al., 1984). Sem dúvida as adições de nutrientes provocadas pela lavagem da biomassa pela chuva, decomposição de raízes e troncos podem incrementar bastante estas adições.

III. 2. O solo após a derrubada e queima da floresta

A utilização agrícola do ecossistema de floresta tropical úmida é geralmente precedida da derrubada e queima da biomassa.

Este processo provoca a deposição no solo de considerável quantidade de nutrientes, não volatilizados, anteriormente contidos na biomassa vegetal (Tabela 4).

Tabela 4. Composição mineral das cinzas (média de 32 amostras) de uma floresta secundária de 17 anos em um ultissolo de Yurimáguas, Peru.

Elementos	Concentração	Quantidade (kg ha ⁻¹)
N	1,72%	67
P	0,15%	6
K	0,97%	38
Ca	1,91%	75
Mg	0,41%	16
Mn	0,19%	7,3
Fe	0,19%	7,6
Cu	81 ppm	0,3
Zn	137ppm	0,5

Fonte: SEUBERT et al.(1977).

A biomassa da floresta que, segundo SCHUBART et al.(1984) para a região de Manaus, pode conter 500 t ha⁻¹ de matéria seca, contribuiria com a maior quantidade de nutrientes minerais para o solo, vindo em seguida a contribuição da biomassa mineralizada da liteira.

III. 3. Fertilidade do solo sob pastagem cultivada em área originalmente de floresta

Devido a incorporação dos nutrientes após a queima da floresta, as pastagens estabelecidas apresentam inicialmente uma alta produtividade porém, com o passar dos anos, é observado uma queda de produtividade, que pode chegar ao seu nível crítico dentro de 5 a 7 anos (FALESI, 1976; TOLEDO & ARA, 1977; SERRÃO & HOMA, 1982; VEIGA & FALESI, 1985).

Este rápido declínio de produtividade estaria, na grande maioria dos casos, associado com mudanças ocorridas na fertilidade do solo ao longo do tempo de utilização (Figura 5) (SERRÃO et al., 1982; TOLEDO & SERRÃO, 1982).

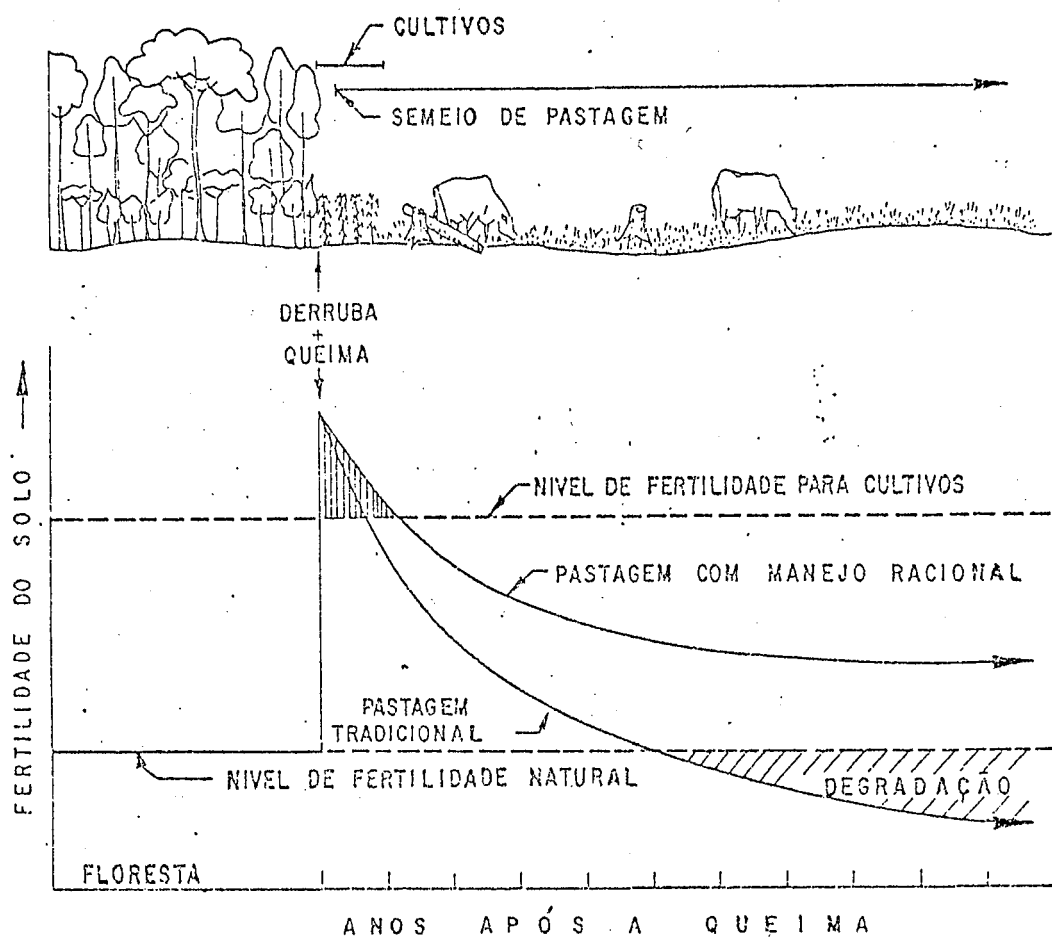


Figura 5. Modelo esquemático das mudanças na fertilidade do solo sob pastagem cultivada.

Fonte: TOLEDO & SERRÃO (1982).

Em trabalho desenvolvido por FALESI (1976) foi feito um acompanhamento da fertilidade do solo de várias pastagens de capim colômbio (*Panicum maximum*) de diferentes idades e sem fertilização, implantadas após a derrubada e queima da floresta tropical úmida na Amazônia brasileira (Figura 6).

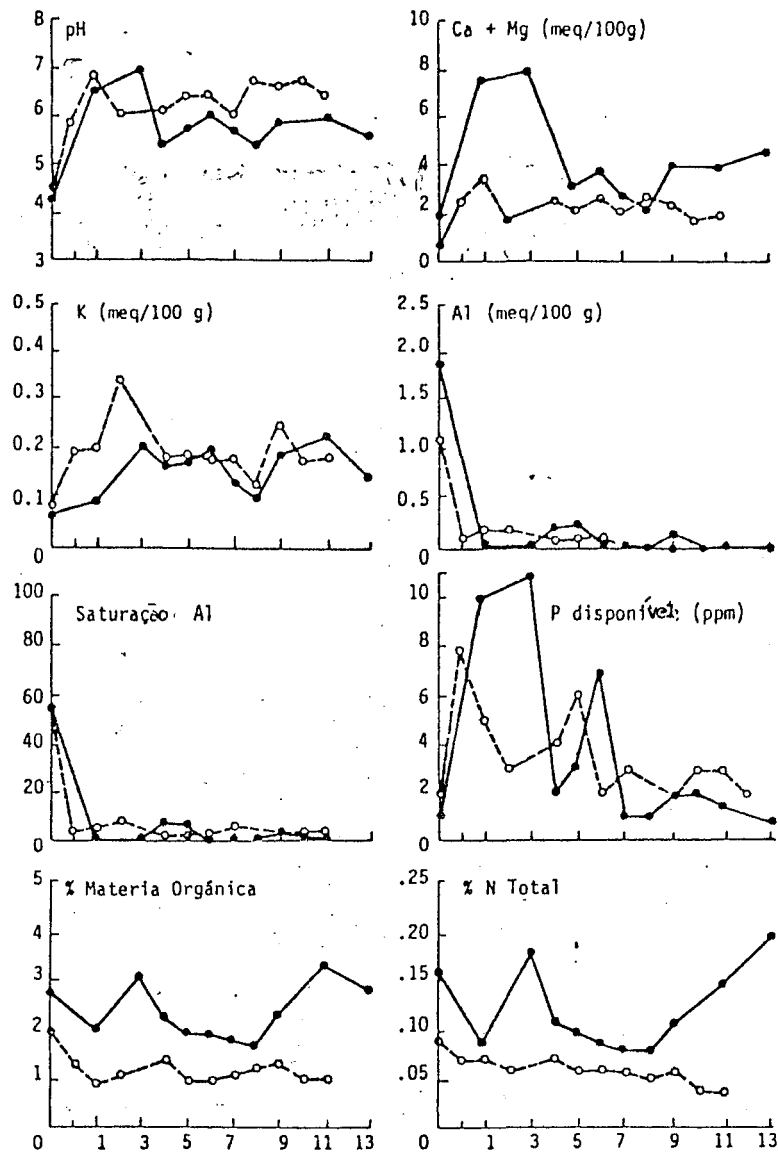


Figura 6. Mudanças na fertilidade de dois oxissolos explorados sob pastagens de *P. maximum* na Amazônia brasileira.

Fonte: Adaptado de FALESI (1976).

O pH do solo sofreu um aumento após a queima, permanecendo constante, em um nível de aproximadamente 6, durante o período de avaliação (13 anos). Os níveis de matéria orgânica e N também se mantiveram altos durante o período de avaliação. Embora parte da matéria orgânica do solo diminuísse após a queima, o ecossistema de pastagem parece incorporar

em pouco tempo, suficiente matéria orgânica para mantê-la em um nível satisfatório.

A queima também provocou praticamente a eliminação da toxicidade de Al, fator este que esteve ligado a manutenção de níveis relativamente altos de Ca e Mg.

O K foi mantido em níveis satisfatórios o que pode ser explicado pelas prováveis reservas de K destes solos. Além disso os resíduos de pastejo, geralmente compostos por pastagens maduras, quase sempre apresentam níveis altos de K o que pode levar a algum grau de reciclagem (Tabela 1).

O P, após ter chegado a níveis satisfatórios com a incorporação das cinzas da biomassa da floresta, apresentou um declínio gradativo com o decorrer do tempo. Esta queda no conteúdo de P do solo não pode ser ocasionada por lixiviação já que é um elemento bastante imóvel no solo. Porém, algum P pode ser adsorvido por óxidos de Fe e Al, formando posteriormente fosfatos de Fe e Al insolúveis, não obstante as condições químicas do solo, em relação ao Al, mostrarem a pouca probabilidade deste processo.

Por outro lado, a própria extração do P pelas forrageiras e, posteriormente, por um número crescente de plantas invasoras, além da natural exportação deste elemento na forma de produto animal, embora em níveis bastante baixos para este último, faz com que estes fatores quando somados contribuam para um esgotamento gradativo do solo, mesmo quando consideramos que grande parte do P extraído pela forrageira retorna ao solo na forma de fezes, sendo porém feito de forma desuniforme.

Em alguns casos é possível ainda que existam perdas por erosão laminar, principalmente em pastagens mal forradas.

Avaliando a Figura 6 e com base em resultados definitivos de pesquisa desenvolvidos pelo CPATU (DIAS FILHO & SERRÃO, 1980a; 1980b; SERRÃO et al., 1982) é possível concluir que o P é o nutriente mais limitante para que os solos da floresta amazônica possam manter pastagens, principalmente de capim colômbio, de alta produtividade por longos períodos de tempo.

IV. FERTILIZAÇÃO DO SOLO E UTILIZAÇÃO DA PASTAGEM

Sem dúvida este assunto tem sido estudado com pro

fundidade, tendo, nos últimos anos, excelentes estudos. sido publicados com temas relacionados (por exemplo: LITTLE, 1982; MINSON, 1982; SALETTE, 1982)

As informações apresentadas a seguir visam apenas enfatizar a importância deste tema através de alguns conceitos e exemplos, principalmente relacionados a regiões tropicais. Ênfase especial será dado ao efeito da fertilização com superfosfato simples no consumo e seleção de forragem por animais ruminantes.

Segundo SALETTE (1982) a aplicação de fertilizantes afeta a composição mineral da planta direta e indiretamente.

IV. 1. Efeito direto da fertilização

A aplicação de um dado nutriente normalmente aumenta a concentração deste nutriente na planta. Comenta SALETTE (1982) que após a aplicação do nutriente é possível haver primeiramente um aumento de produção juntamente com um decréscimo na concentração mineral seguido de um aumento na produção e concentração, existindo posteriormente um aumento na concentração sem aumento adicional de produção a partir do nível crítico do nutriente na planta, levando a planta ao consumo de luxo; finalmente, conclui SALETTE (1982), a concentração pode aumentar com um decréscimo da produção, indicando toxicidade.

IV. 2. Efeito indireto da fertilização

Este efeito estaria principalmente relacionado ao antagonismo e sinergismo existentes entre os elementos minerais no solo e o elemento aplicado no fertilizante. Um exemplo bastante comum na literatura refere-se ao K que é antagônico ao Mg, provocando, em situações onde é feito o uso consistente de adubação potássica de pastagens, a ocorrência de hipomagnesemia.

No caso da fertilização nitrogenada, comenta SALETTE (1982), ocorre um aumento da concentração de vários minerais na planta desde que o suprimento destes esteja adequado no solo. Por outro lado, se o suprimento destes nutrientes no solo for baixo o efeito será o inverso devido a diluição causada pelo aumento de produção. Esta situação no entanto não deve ser confundida com antagonismo.

IV. 3. O reservatório de nutrientes no solo

*O reservatório de nutrientes que se encontra disponível no solo para utilização pela planta forrageira é formado de uma complexa interação de processos físicos, químicos e biológicos que irão determinar os acréscimos (entradas) e perdas (saídas) de nutrientes deste reservatório.

Tal condição leva a que ao se tentar predizer uma determinada fertilização da pastagem necessária para se alcançar um nível desejado de produção animal, nem sempre os resultados sejam os esperados. O que pode ser explicado pelo fato da fertilização ser apenas uma entre as muitas fontes para o reservatório disponível e a absorção pela planta (e consequente produção animal) apenas um dos processos de remoção (TILL, 1981).

IV. 4. Efeito da fertilização fosfatada no consumo e seleção de forrageiras

PLAYNE (1972) estudou o efeito da fertilização com superfosfato simples no consumo de Heteropogon contortus e Stylosanthes humilis por carneiros. Os resultados obtidos (Tabela 5) mostram que para a gramínea, a aplicação de 125 kg ha⁻¹ano⁻¹ de superfosfato resultou em um aumento significativo no consumo de matéria seca, relacionado com um aumento no tecido vegetal de S (0,07 a 0,14%) e P (0,054 a 0,084%). Para a leguminosa o mesmo nível de superfosfato não aumentou significativamente o consumo. É possível que na leguminosa sem fertilização, o nível de S (0,14%) não tenha sido limitante para o consumo, já que, de acordo com a literatura, o nível crítico de S para o animal é de 0,1%.

Na Austrália, HUNTER et al. (1978) realizaram um experimento em gaiolas metabólicas individuais utilizando carneiros Merino castrados. Foi estudado o efeito da fertilização com superfosfato simples (12% de S) no consumo de S. guianensis, foi observado também o efeito do suplemento animal com S (0,5 g de S - sulfato cabeça⁻¹dia⁻¹). Os resultados (Tabela 6) mostram que o consumo e digestibilidade de S. guianensis foram maiores em relação a testemunha, quando se ofereceu aos animais a leguminosa fertilizada (250 kg ha⁻¹ de superfosfato), sendo intermediário o consumo dos animais suplementados com S. Observou-se que, provavelmente o aumento de disponibilidade de N na leguminosa, provocado pela fertilização, contribuiu para aumentar o consumo de S. guianensis. LASCANO (1983), analisando este experimento, afirma que a correção de uma deficiência de S foi o principal efeito produzido na leguminosa pela fertilização com superfosfato.

Tabela 5. Efeito da fertilização com superfosfato simples no conteúdo de Ca, P e S de Heteropogon contortus e de Stylosanthes humilis, e seu consumo por carneiros.

Variável na forragem ^a	Nível de fertilização ^b	Forrageira ^c	
		<i>H. contortus</i>	<i>S. humilis</i>
Cálcio (%)	N ₀	0,30	1,17
	N ₁	0,31	1,15
	N ₂	0,33	0,93
Fósforo (%)	N ₀	0,054	0,097
	N ₁	0,084	0,164
	N ₂	0,105	0,198
Enxofre (%)	N ₀	0,07	0,14
	N ₁	0,14	0,18
	N ₂	0,15	0,20
Consumo (g MS/ kg ^{0.75} /dia)	N ₀	38,8 a	75,2 d
	N ₁	47,0 b	76,3 d
	N ₂	43,5 c	83,6 d

^a Matéria seca

^b N₀ = 0 kg; N₁ = 125 kg; N₂ = 750 kg de superfosfato/ha/ano

^c a,b,c = média diferentes (P<.05); d=diferenças não significativas (P>.05).

Fonte: PLAYNE (1972).

O efeito da aplicação de superfosfato simples na seleção de gramíneas nativas com quatro espécies de Stylosanthes por bovinos em condições de pastejo foi estudado por McLEAN et al.(1981). Encontrou-se que, como resultado da fertilização, a proporção das leguminosas na forragem disponível se duplicou, mas a quantidade presente na dieta aumentou cinco vezes (Tabela 7). O aumento de consumo não esteve relacionado com a maior disponibilidade da leguminosa causada pela fertilização, fator indicado pela falta de correlação ($r=0,13$, $P<0,05$) entre o índice de seleção relativa [(percentagem da leguminosa na dieta) ÷ (percentagem da leguminosa disponível)] e a percentagem da leguminosa na pastagem. Observa

ram ainda os autores que a fertilização com superfosfato não produziu um incremento na concentração de N e P no tecido da forragem disponível na pastagem. Foi concluído que a maior seleção da leguminosa fertilizada poderia ter estado associada com o Ca e S do superfosfato simples.

Tabela 6. Efeito da fertilização com superfosfato simples e da suplementação com enxofre na digestibilidade e consumo de *Stylosanthes guianensis* por carneiros.

Variável	Testemunha ^a	Fertilização com superfosfato ^b	Suplementação com enxofre ^c
Digestibilidade(%) da matéria seca	20,3a ± 0,3	35,2b ± 0,7	29,6b ± 2,0
Consumo de matéria seca (g/animal/dia)	142a ± 11	628b ± 12	202c ± 8,8

^a Fertilização de estabelecimento: 120 kg/ha de superfostato.

^b Fertilização: 250 kg/ha de superfosfato, além dos 120 kg/ha aplicados no estabelecimento

^c Suplementação: 0,5 g de enxofre como sulfato.

a,b,c = diferenças significativas entre médias (P < 0,1).

Fonte: HUNTER et al. (1978).

Avaliando o efeito da fertilização fosfatada (DAP) em *Digitaria decumbens*, REES & MINSON (1982) concluíram que não houve efeito adicional na digestibilidade e consumo da gramínea por ser o nível de P no tecido vegetal, antes da fertilização, adequado para a produção animal, não havendo oportunidade para o fertilizante fosfatado aumentar o valor nutricional da gramínea.

Tabela 7. Efeito da fertilização com superfosfato simples na proporção da leguminosa disponível e selecionada por bovinos fistulados no esôfago, em associações de gramíneas nativas e espécies de *Stylosanthes*.

Tratamento ^a	Proporção de leguminosa		Índice de Seleção ^b
	Foragem disp. (%)	Forragem selec. (%)	
Sem fertilização	24 ± 2,6	12 ± 3,5	0,5 ± 0,34
Com fertilização	45 ± 2,5	58 ± 5,9	1,3 ± 0,31
Diferença	**	**	**

^a Fertilização com 100 kg/ha de superfosfato simples no estabelecimento e 25 kg/ha por ano como manutenção.

^b Índice de seleção (leguminosa selecionada) ÷ (leguminosa disponível)

** Diferenças significativas (P < 0,01).

Fonte: McLEAN et al. (1981).

V. MANEJO DO POTENCIAL DA FERTILIDADE EM SOLO SOB PASTAGEM

Tradicionalmente os solos sob pastagens são pobres, quer por sua fertilidade natural quer pelas práticas de manejo adotadas. O manejo do potencial da fertilidade destes solos deve procurar formas econômicas e eficientes que visem manter ou incrementar a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a produção animal em níveis aceitáveis.

A seguir algumas formas de manejo serão propostas visando este fim.

V.1. Fertilidade do solo e seleção das forrageiras

Um considerável incremento na eficiência do uso de nutrientes do solo poderia ser alcançado mediante a melhoria do processo de absorção e uso de nutrientes pela planta em relação a outros processos. Isto significaria uma planta que produziria de maneira satisfatória em baixas concentrações de nutrientes na solução do solo.

É bastante conhecido que existe uma resposta diferencial entre espécies e variedades de plantas forrageiras com relação ao nível crítico interno ou externo, que seria a concentração crítica nutricional (na planta ou no solo) abaixo da qual a produção sofreria um declínio (Tabela 8).

A utilização deste conhecimento tem sido empregada na tecnologia de insumos mínimos de fertilização, que não deve ser entendida, como muitos o fazem, como uma eliminação total da prática de fertilização, mas sim como uma ferramenta empregada para reduzir os níveis de fertilização em função dos requerimentos nutricionais de uma dada espécie. Desta maneira é possível determinar fertilização em função do requerimento nutricional para que a espécie beneficiada alcance um rendimento adequado.

O uso de determinadas forrageiras que produziriam satisfatoriamente em condições especiais de fertilidade do solo pode ser uma opção viável de uso do potencial de fertilidade em solo sob pastagem. Assim é que em algumas regiões (por exemplo: o trópico úmido brasileiro) onde a possibilidade econômica de fertilizações mais consistentes nem sempre tem sido visualizada, o uso de espécies reconhecidamente adaptadas a baixa fertilidade do solo como a Brachiaria humidicola (DIAS FILHO, 1983) tem mostrado resultados satisfatórios. O raciocínio inverso seria também aplicado para situações de melhor fertilidade do solo.

Deve ser enfatizado porém, que o conteúdo mineral da forrageira reflete a condição mineral do solo, sendo assim, forrageiras adaptadas a baixa fertilidade, embora vegetando satisfatoriamente em solos pobres, geralmente apresentam uma composição mineral não adequada para a produção animal, sendo imprescindível uma mineralização suplementar no cocho.

V. 2. Promoção da reciclagem de nutrientes

Como já visto no Item III, a reciclagem de nutrientes é a principal razão pela qual oxissolos e ultissolos de baixa fertilidade conseguem manter uma biomassa do porte de uma floresta tropical. No ecossistema de pastagem, a reciclagem de nutrientes pode assumir um papel importante na manutenção da fertilidade do solo (Tabela 1).

Desta maneira, práticas de manejo da pastagem, principalmente em solos de baixa fertilidade natural devem estimu

Tabela 8. Níveis críticos de P, K, Ca e S no tecido de algumas gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais, durante o estabelecimento e de acordo com a época chuvosa ou seca.

Especie	Concentração							
	Fósforo		Potássio		Cálcio		Enxôfre	
	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco	Chuv.	Seco
GRAMINEAS								
<u>Brachiaria humidicola</u>	0.08	0.05	0.74	0.39	0.22	0.25	0.11	0.12
<u>Brachiaria brizantha</u>	0.09	0.05	0.82	0.44	0.37	0.32	0.12	0.12
<u>Brachiaria decumbens</u>	0.08	0.05	0.83	0.38	0.37	0.30	0.12	0.13
<u>Andropogon gayanus</u>	0.10	0.04	0.95	0.53	0.23	0.21	0.13	0.10
<u>Melinis minutiflora</u>	0.18	0.06	0.90	0.60	0.32	0.35	0.15	0.12
<u>Panicum maximum</u>	0.17	0.10	1.15	0.80	0.60	0.40	0.15	0.12
<u>Hyparrhenia rufa</u>	0.16	0.06	1.06	0.70	0.34	0.25	0.14	0.10
LEGUMINOSAS								
<u>Stylosanthes capitata</u>	0.12	0.09	1.13	0.61	0.97	0.54	0.12	0.15
<u>Stylosanthes macrocephala</u>	0.10	0.08	0.93	0.50	0.78	0.49	0.14	0.15
<u>Desmodium ovalifolium</u>	0.10	0.08	1.03	0.43	0.74	0.64	0.12	0.14
<u>Pueraria phaseoloides</u>	0.22	0.10	1.22	0.66	1.04	0.57	0.17	0.19
<u>Centrosema macrocarpum</u>	0.16	0.09	1.24	0.72	0.72	0.57	0.16	0.15
<u>Codariocalyx gyroides</u>	0.17	0.11	1.15	0.57	0.66	0.48	0.16	0.15
<u>Zornia latifolia</u>	0.12	0.08	1.16	0.43	0.82	0.66	0.17	0.17
<u>Centrosema pubescens</u>	0.18	0.11	1.40	0.74	0.98	0.74	0.16	0.15
<u>Zornia sp.</u>	0.14	0.09	1.00	0.68	0.53	0.50	0.17	0.16

Fonte: SALINAS & GARCÍA (1985)

lar o máximo possível a reciclagem de nutrientes.

Os resultados apresentados na Tabela 1 sugerem que o retorno de resíduos e conseqüente liberação de nutrientes para o solo da pastagem pode ser conseguido através da manutenção de uma biomassa estável na pastagem visando com isso compensar parcialmente a exportação de nutrientes do sistema devido o animal (produtos) assim como perdas causadas pela redistribuição irregular das excreções pelo animal na pastagem.

No entanto, por mais eficiente que seja o processo de reciclagem de nutrientes na pastagem, o uso de recursos que promovam a importação de nutrientes ao sistema como adubações periódicas e uso de leguminosas não deve ser olvidado.

V.3. Utilização da fixação biológica de nitrogênio

A baixa eficiência com que o N proveniente da fertilização é utilizado para a produção animal e a quase sempre baixa economicidade deste insumo em sistemas de produção semi-intensivos ou extensivos de carne ou dupla aptidão, principalmente na região do trópico úmido, levam a que as possibilidades de adoção deste insumo sejam, em muitos casos, irreais para o produtor (TOLEDO, 1984). Como conseqüência, o uso de leguminosas associadas com cepas eficientes de Rhizobium resulta na forma mais econômica de oferecer N para o sistema.

A fixação simbiótica, conforme comenta LAZENBY (1983), é um processo complexo sendo necessário, para altas taxas de fixação, uma cepa de Rhizobium que seja ao mesmo tempo compatível com a planta hospedeira e suficientemente competitiva com as cepas menos eficientes existentes no solo para infectar as raízes em grande quantidade.

Este assunto tem sido extensivamente estudado nos últimos anos, existindo um grande número de trabalhos na literatura mundial.

A capacidade de manter uma associação (gramínea e leguminosa) estável através do tempo parece ser um dos maiores problemas, pelo menos a nível de regiões tropicais, para uma adoção em maior escala desta tecnologia.

Apesar de existir uma grande complexidade nas interações entre os componentes de uma associação, tem sido en-

fatizado que a competição por nutrientes no solo, principalmente K, é um mecanismo importante para a manutenção de leguminosas em pastagens de gramíneas (por exemplo: WERNER, 1984)

É fato já bastante conhecido que, quando associadas, as gramíneas são muito mais eficientes que as leguminosas na absorção do K do solo, sendo que esta diferença na capacidade de extração diminui a níveis mais altos de fertilização potássica.

Pesquisas desenvolvidas pelo CIAT (CIAT, 1984) mostram que esta extração diferencial de K em leguminosas e gramíneas está significativamente correlacionada com a capacidade de troca catiônica radicular (CTCR). A CTCR das leguminosas é geralmente maior que a das gramíneas. Esta característica, segundo as pesquisas do CIAT, leva a que as leguminosas apresentem maior absorção de cátions divalentes (Ca, Mg), por outro lado, as gramíneas absorvem maior quantidade de cátions monovalentes (K, Na).

Os trabalhos do CIAT mostram que quanto mais semelhante for a CTCR entre as espécies associadas, maior será a compatibilidade da consorciação na absorção de cátions.

A utilização deste conhecimento poderia ser de grande valia em situações onde a incompatibilidade na absorção de nutrientes (cátions) fosse o impedimento para o sucesso de uma consorciação.

V. 4. Época de preparo do solo

É sabido que a preparação do solo antes da estação seca pode estimular a mineralização incrementando as adições de N para o solo devido a um decréscimo nas taxas C:N em virtude da seca e posterior umedecimento do solo (VLEK et al., 1981).

Já a preparação do solo no início da estação chuvosa não resulta em taxas tão grandes de mineralização.

Esta condição afetará o crescimento da forrageira semeada no início da estação chuvosa. O efeito pode ser visualizado ao se examinar a Tabela 9. Observa-se que houve um efeito marcante da época da preparação do solo sobre o crescimento das gramíneas, demonstrando que para estabelecer um pasto de gramíneas é muito mais vantajoso preparar o solo antes da estação seca.

Tabela 9. Efeito da época de preparação do solo na produção (kg MS ha⁻¹) de algumas gramíneas forrageiras se meadas em abril de 1983 (Colômbia).

Espécie	Época de preparo do solo	
	Dezembro 1982*	Abril 1983**
	(kg MS ha ⁻¹)	
<u>M. minutiflora</u>	2495	1832
<u>A. gayanus</u>	1797	956
<u>B. decumbens</u>	3270	1576
<u>B. humidicola</u>	1940	1606
<u>P. maximum</u>	1206	431

*Antes da estação seca

**Início da estação chuvosa

Fonte: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1984)

V. 5. Queima da pastagem

Embora a queima da pastagem não possa ser recomendada como procedimento regular para aumentar a fertilidade do solo, não se pode deixar de considerar que esta prática pode incentivar a ciclagem de nutrientes devido a rápida liberação dos elementos não voláteis contidos na biomassa da pastagem, constituída basicamente das plantas forrageiras mais as plantas invasoras.

EVANS & ALLEN (1971), citados por WILKINSON & LOW REY (1973), encontraram que altas temperaturas (590-750°C) durante a queima de Calluna vulgares (um arbusto da família Ericaceae) provocou perdas da ordem de 20% para o K, 10-15% para o P, Ca e Mg e 36% para o S. Temperaturas menos severas (310-580°C) resultaram em perdas de 5-10% de K, Ca, Mg e P e 18% para o S. As diferenças na temperatura durante a queima seriam provocadas pela idade da planta, densidade, conteúdo de umidade além da velocidade do vento.

Em situações onde exista um acúmulo de minerais na forragem morta (detritos) e nas plantas invasoras da pastagem,

uma queima rápida (com temperaturas menos altas) pode significar uma rápida mineralização dos nutrientes, com menores perdas para a atmosfera.

Por outro lado, a queima da pastagem também pode incentivar perdas de nutrientes do solo devido a lavagem das cinzas pelas chuvas, principalmente em áreas de mais difícil drenagem e não totalmente planas.

A prática da queima da pastagem visando a melhoria da fertilidade do solo e produtividade da pastagem, deve portanto ser encarada com bastante cautela, evitando assim o efeito contrário ao desejado.

Finalmente, embora entenda-se que as plantas não "colhidas" pelo animal (invasoras não palatáveis e forrageiras rejeitadas) representem nutrientes que não contribuem para o ganho econômico da pastagem (WILKINSON & LOWREY, 1973), sendo a queima um dos meios mais eficientes para uma rápida devolução de parte destes nutrientes para o sistema, o manejo do pasto (ajuste de carga e período de pastejo) deve ser planejado para evitar o máximo possível esta situação.

VI. CONCLUSÃO

A fertilidade do solo é um dos fatores mais importantes para a manutenção de pastagens produtivas através do tempo.

A presença do animal no sistema de pastagem pode induzir modificações consideráveis na fertilidade do solo que, ao contrário do que se possa pensar em primeira análise, nem sempre traz benefícios para a manutenção da fertilidade do solo.

Esta revisão mostrou que muito embora haja uma considerável reposição através das fezes e urina de grande parte dos nutrientes retirados do sistema durante o pastejo, a eficiência de reutilização destes nutrientes pelas forrageiras, principalmente no caso do N, é geralmente não muito alta devido a forma desperdiciosa com que as excreções animais são redistribuídas na pastagem, além da vulnerabilidade que adquirem estes nutrientes a volatilização, lixiviação e outras formas de perda.

A eficiência do processo de reciclagem em uma dada pastagem aumenta de maneira proporcional a produtividade da pastagem já que a manutenção de uma biomassa vigorosa e es-

tável reduz a perda de nutrientes do sistema. No entanto, por mais eficiente que seja a reciclagem de nutrientes em um ecossistema de pastagem, a importação de nutrientes é necessária para a manutenção ou aumento de sua produtividade.

A intensidade e frequência da importação de nutrientes para o ecossistema de pastagem pode ser inteligentemente manipulada pelo fazendeiro através do manejo do potencial de fertilidade do solo (seleção de espécies, reciclagem de nutrientes, fixação biológica de N, época de preparação do solo), dando a esta prática a máxima economicidade possível.

VII. BIBLIOGRAFIA CITADA

- BALCH, C. C. & COOKE, G.W., 1982. The efficiency of nutrients and energy in plant and animal production systems. In: Optimizing yields the role of fertilizers. Proceedings of the 12th IPI-Congress. June, 1982, Goslar. F. R. of Germany. p. 71-93.
- BALL, P.R. & RYDEN, J.C., 1984. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. Plant and Soil. 76 p. 23-33.
- BARROW, N.J. & LAMBOURNE, L.J., 1962. Partition of excreted nitrogen, sulphur and phosphorus between the faeces and urine of sheep being fed pasture. Aust. J. Agric. Res., 13, p. 461-71.
- BROMFIELD, S.M. & JONES, O.L., 1970. The effect of sheep on the recycling of phosphorus in hayed-off pastures. Aust. J. Agric. Res., 21, p. 699-711.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia, 1985. Programa de pastos tropicales. Informe Anual, 1984. Cali, 279 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia, 1984. Programa de pastos tropicales. Informe Anual, 1983. Cali, 362p.
- DEAN, R.; ELLIS, J.E.; RICE, R.W. & BEMENT, R.E., 1975. Nutrient removal by cattle from a shortgrass prairie. J. Appl. Ecol., 12(1), p. 25-9.

- DENMEAD, O.T.; SIMPSON, J.R. & FRENEY, J.R., 1974. Ammonia flux into the atmosphere from a grazrd pasture. Science , 185, p. 609-10.
- DIAS FILHO, M.B., 1983. Limitações e potencial de Brachiaria humidicola para o trópico úmido brasileiro. Belém, EMBRAPA-CPATU. 28p. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 20).
- DIAS FILHO, M.B. & SERRÃO, E.A.S., 1980a. Recuperação de pastagens de capim colônião (Panicum maximum) através de fertilizantes e leguminosas em Paragominas, PA. Belém, EMBRAPA-CPATU, 3p. (EMBRAPA-CPATU. Pesquisa em Andamento, 11)
- DIAS FILHO, M.B. & SERRÃO, E.A.S., 1980b. Recuperação de pastagens de capim colônião (Panicum maximum) através de níveis de fósforo e introdução de leguminosas em Paragominas, PA. Belém, EMBRAPA-CPATU, 2p. (EMBRAPA-CPATU. Pesquisa em Andamento, 34).
- FALESI, I.C., 1976. Ecossistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira. Belém, EMBRAPA-CPATU. 139p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim Técnico, 1).
- HENZELL, E.F. & ROSS, P.J., 1973. The nitrogen cycle of pasture ecosystems. In: Chemistry and Biochemistry of Herbage. 2, p.227-46.
- HUMPHREYS, L.R., 1981. Environmental adaptation of tropical pasture plants. London, McMillian, p. 133-4.
- HUNTER, R.A.; MILLER, C.P. & SIEBERT, B.D., 1978. The effect of supplementation or fertilizer application on the utilization by sheep of Stylosanthes guianensis grown on sulfur deficient soils. Aust.J.Exp.Agric.Anim.Husb., 18. p. 391-5.
- LASCANO, C., 1983. Factores edáficos y climáticos que intervienen en el consumo y la selección de plantas forrajeras bajo pastoreo. In: PALADINES, O & LASCANO, C. eds. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas, metodologías de evaluación, Memorias de una Reunión de Trabajo en Cali, Colombia, 22-24 sept., 1982. CIAT, p. 49-64.
- LAZENBY, A., 1983. Nitrogen relationships in grassland ecosystems. In: International Grassland Congress, 14. Lexington, USA. 1982. Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington. p. 56-62.

- LITTLE, D.A., 1981. Utilization of minerals. In: HACKER, J. B. ed. Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Proc. of an international symp. held at St. Lucia , Queensland, Australia, August 24-28th, 1981, p. 259-83.
- LOTERO, J.; WOODHOUSE, W.W. Jr. & PETERSEN, R.G., 1966. Local effect on fertility of urine voided by grazing cattle. Agronomy J. 58, p. 262-5.
- McLEAN, R.W.; WINTER, W.H.; MOTT, J.J. & LITTLE, D.A., 1981. The influence of superphosphate on the legume content of the diet selected by cattle grazing Stylosanthes- native grass pasture. J.Agric.Sci., Camb., 96, p. 247-9.
- MINSON, D.J., 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: HACKER, J.B. ed. Nutritional Limits to Animal Production from Pastures. Proc. of an international symp. held at St. Lucia, Queensland, Australia, August 24-28th, 1981, p. 167-82.
- MOTT, G.O., 1974. Nutrient recycling in pastures. In: MAYS , D.A. ed. Forage Fertilization. Amer. Soc. Agron., Wisconsin. p. 323-39.
- MUNÉVAR, F.M.; LORA, R.S.; PEREA, J.R.; NAVAS, J.A. & ESCOBAR, C., 1981. Utilización del bosque húmedo tropical. Proyecto Especial OEA-ICA. Informe de Progreso. 107p.
- PLAYNE, J.J., 1972. Nutritional value of townsville stylo (Stylosanthes humilis) and of spear grass (Heteropogon contortus) dominant pastures fed to sheep. II. The effect of superphosphate fertilizer. Aust.J.Exp.Agric.Anim.Husb. 12, p. 373-7.
- REES, M.C & MINSON, D.J., 1982. Intake, digestibility and rumen characteristics of sheep given grass fertilized with phosphorus. Aust.J.Agric.Res., 33, p. 629-36.
- SALINAS, J.G. & GARCÍA, R., 1985. Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. CIAT, Colombia. 83p.
- SALETTE, J., 1982. The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization. In: Optimize Yields the Role of Fertilizers. Proc. of the 12th IPI-Congress, June 1982, Germany. p. 117-44.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G., 1983. Suelos ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en America tropical.

- Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, Colombia. 93 p.
- SCHUBART, H.O.R.; FRANKEN, W. & LUIZÃO, F. J., 1984. Uma floresta sobre solos pobres. Ciênciahoje. 2(10), p. 26-32.
- SERRÃO, E.A.S. & HOMMA, A.K.O., 1982. Recuperação e melhoramento de pastagens cultivadas em áreas de floresta amazônica. Belém, EMBRAPA-Cpatu, 22p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 17).
- SERRÃO, E.A.S.; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B. da & TEIXEIRA NETO J.F., 1982. Produtividade de pastagens cultivadas em solo ácidos de baixa fertilidade das áreas de floresta da Amazônia brasileira. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.A. & SERRÃO, E. A. S. eds., Produtividade de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília, Editerra, p. 219-51.
- SEUBERT, C.E.; SANCHEZ, P.A. & VALVERDE, C., 1977. Effects of land clearing methods on soil properties of an ultisol and crop performance in the Amazon jungle of Peru. Trop. Agric. (Trinidad), 54(4), p. 307-21.
- SIMPSON, J.R. & STOBBS, T.H., 1981. Nitrogen supplu ans animal production from pastures. In: MORLEY, F.H.W. ed., Grazing Animals. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam. p.261-87.
- TILL, A.R., 1981. Cycling of plant nutrients in pasture. In: MORLEY, F.H.W. ed., Grazing Animals. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam. p. 33-53.
- TILL, A.R. & MAY, P.F., 1970. Nutrient cycling in grazed pastures. II. Further observatinns with ^{35}S gypsun. Aust.J.Agric.Res., 21, p. 253-60.
- TOLEDO, J.M., 1984. Pasturas en trópico húmedo: perspectiva global. Trabalho apresentado no Primeiro Simp. do Trópico Úmido. Belém. 12-17 de novembro, 1984, 32p.
- TOLEDO, J.M. & SERRÃO, E.A.S., 1982. Pasture and animal production in Amazonia. In: International Conference on Amazonian Agriculture and Land Use Research, 1, Cali, 1982. Amazonia; agriculture and land use research. Cali, CIAT. p. 281-309.
- TOLEDO, J.M. & ARA, M., 1977. Manejo de suelos para pasturas en la selva amazonica. In: Reunion-Taller FAO/SIDA sobre ordenación y consercacion de suelos en America Latina. Lima, Peru. 1977. 46 p.

- VEIGA, J.B. da & FALESI, I.C., 1985. Recomendação e prática de adubação de pastagens cultivadas na Amazônia brasileira. Trabalho apresentado no Primeiro Simpósio Sobre Calagem e Adubação de Pastagens. Nova Odessa, SP. 21-25 de outubro de 1985. (no prelo).
- VLEK, P.L.G.; FILLERY, I.R.P. & BURFORD, J.R., 1981. Accession, transformation, and loss of nitrogen in soils of the arid region. Plant and Soil, 58, p.133-75.
- WERNER, J.C., 1984. Adubação de pastagens. Instituto de Zootecnia. Nova Odessa, (IZ. Boletim Técnico, 18). 49 p.
- WHITEHEAD, D.C., 1970. The role of nitrogen in grassland productivity. Commonw. Bur. Pastures and Field Crops. Bull. 48, Commonw. Agric. Bur., Farnham Royal. 202 p.
- WILKINSON, S.R. & LOWREY, R.W., 1973. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G.W. & BAILEY, R.W. eds., Chemistry and Biochemistry of Herbage. Academic Press, London. p. 247-315.