

CONSERVAÇÃO DE FORRAGEM: FENAÇÃO

Ricardo Andrade Reis

	Índice	Página
Introdução		
2. Processo de desidratação da forragem		
2.1. Fatores que interferem na desidratação		
3. Fatores que interferem no valor nutritivo do feno		
3.1. Fatores relacionados a planta		
3.2. Fatores ambientais		
3.3. Estádio de desenvolvimento da planta		
3.4. Perdas durante a secagem da forragem		
4. Sistemas de armazenamento de fenos		
4.1. Perdas no armazenamento		
5. Aditivos para conservação de fenos		
5.1. Métodos de aplicação de aditivos		
6. Tratamento químico de fenos de baixo valor nutritivo		
6.1. Alterações na composição química da fração fibrosa de volumosos submetidos a amonização		
6.2. Efeitos da amonização sobre o conteúdo de compostos nitrogenados de volumosos.		
6.3. Efeitos da amonização sobre a qualidade de volumosos.		
7. Considerações gerais		
8. Literatura consultada		

1. Introdução

Em muitas áreas do Brasil as plantas forrageiras não têm condições apropriadas para se desenvolverem durante todo o ano em função de limitações relacionadas às baixas temperaturas e ou a deficiência de água. Uma vez que o requerimento animal é contínuo ao longo do ano, a conservação de forragem deve ser uma prática imprescindível adotada nos sistemas de exploração pecuária intensiva. Embora, haja muitas variações nos sistemas de conservação de forragem, os principais métodos envolvem a ensilagem e a fenação.

No Brasil a fenação pode ser uma alternativa viável para se contornar o problema da escassez de forragem de boa qualidade que ocorre durante parte do ano, mediante o aproveitamento do excesso da produção das pastagens do período de verão, ou através do cultivo de áreas exclusivas para o corte.

A fenação é uma importante prática de manejo que permite maximizar a exploração das pastagens manejadas intensamente através da conservação do excesso de forragem produzida durante a estação de crescimento. Essa técnica permite equilibrar a oferta de forragem durante o ano todo, notadamente quando se trabalha com gramíneas de elevado potencial de produção e adubadas adequadamente. Todavia, é difícil associar o estágio de desenvolvimento das plantas de alto valor nutritivo (VN) e condições apropriadas para a secagem a campo, de tal forma que sejam mínimas as perdas no processo de conservação.

Cada sistema de conservação de forragem oferece vantagens e desvantagens em relação ao outro. A produção de Silagem permite intensa mecanização na confecção e fornecimento aos animais, podendo poupar trabalho manual. Além disso, a forragem picada é facilmente utilizada em rações em mistura completa. Por outro lado, esta técnica requer mais energia para a colheita, manuseio e fornecimento aos animais e grande investimento em máquinas e estrutura de armazenamento, ambos resultam em alto custo.

Tem-se que o feno enfardado requer menor espaço para armazenamento, sendo facilmente transportado e vendido. Deve-se considerar, que para produzir feno de alta qualidade ao menos duas condições devem ser observadas: forragem de alta qualidade deve ser colhida e esta deve ser seca e armazenada com mínimo de perda de nutrientes.

O feno é um dos mais versáteis sistemas de conservação de forragem, pois desde que protegido adequadamente durante o armazenamento, apresenta as seguintes vantagens:

- Pode ser armazenado por longos períodos com pequenas alterações no valor nutritivo (VN);
- Um grande número de espécies forrageiras podem ser usadas no processo;
- O feno pode ser produzido e utilizado em grande e pequena escala;
- Pode ser colhido, armazenado e fornecido aos animais manualmente ou num processo inteiramente mecanizado;
- Pode atender o requerimento nutricional de diferentes categorias animal.

As práticas alternativas de conservação de forragem devem ser avaliadas em termos econômicos, e o custo da energia despendida no processo é um dos principais componentes que deve ser analisado. Considerando a grande dependência por combustíveis fósseis não renováveis utilizados no processo, e que estes devem ser preservados para que os custos sejam minimizados tem-se que buscar a máxima eficiência no uso da energia.

As operações envolvidas no processo de fenação incluem: implantação da cultura, aplicação de fertilizante, corte, revolvimento da forragem, enleiramento, enfardamento, recolhimento e armazenamento dos fardos. A soma dos gastos de energia destas operações, incluindo revolvimento da forragem, ao menos três vezes ao dia, é de 1096 MJ/ha em termos de combustível primário e mais 387 MJ/ha, considerando a depreciação do equipamento, manutenção e reparos.

Em termos de fertilizantes, a aquisição e aplicação, pode representar 60 a 90% do custo da energia requerida para a produção de silagem e de feno desidratado no campo.

Considerando as perdas e as diferenças no valor nutritivo, pode-se concluir, em termos de matéria seca, que o feno desidratado no campo, tem gasto de energia menor do que a demandada para produção de silagem.

A secagem da forragem usando alta temperatura, demanda seis vezes mais energia comparado com a ensilagem, ou feno seco no campo. O murchamento da forragem no campo para se atingir 65% de umidade, pode reduzir o custo de produção em 50%.

Quando as perdas de matéria seca e no valor nutritivo são consideradas, e avaliando em termos de energia metabolizável, pode-se afirmar que para a produção de silagem, tem-se gasto de energia 10% menor, comparado com o feno seco no campo.

Em termos gerais, as perdas no processo de fenação podem variar de 24 a 28% quando o feno é adequadamente armazenado. Muitas destas perdas ocorrem durante a colheita, com cerca de 5% no armazenamento. O total de perdas no processo de ensilagem pode ser de 14-24%, com cerca da metade ocorrendo no armazenamento.

Uma vez que nenhum dos métodos oferece vantagem clara sobre o outro, provavelmente ambos devam ser usados nos sistemas de exploração pecuária.

De maneira geral, tem-se que com a rápida desidratação da forragem, é possível a conservação do seu valor nutritivo (VN), uma vez que a atividade respiratória das plantas, bem como a dos microrganismos é paralisada. A qualidade do feno está associada a fatores relacionados com as plantas a serem fenadas, às condições climáticas durante a secagem no campo e ao sistema de armazenamento utilizado.

Para a produção de um feno de alto valor nutritivo algumas condições básicas devem ser observadas:

- Observar as condições climáticas apropriadas para a secagem no período de corte;
- Colheita da forragem no estágio de desenvolvimento no qual é máximo o valor nutritivo;
- Corte de uma quantidade de forragem que possa ser manuseada com base nos equipamentos e mão de obra disponíveis;
- Avaliação da fertilidade do solo e aplicação de fertilizantes para atender a demanda em relação a produção e qualidade da forragem;
- Controle de plantas invasoras;
- Uso de equipamentos apropriados para o corte e manuseio da forragem no campo;
- Enfardar o feno quando a umidade atingir 12 a 18% e armazenar em local apropriado.

2. Processo de desidratação da forragem

O processo de fenação consiste, basicamente da seqüência de operações com as quais se promove a remoção da umidade da forragem de valores próximos a 80% para

aqueles na faixa de 12 a 18%, permitindo assim o armazenamento do feno com segurança e baixas perdas.

A forragem ao ser cortada para fenação contém de 70 a 80% de umidade, isto é 2,3 a 5,6 partes de água para cada parte de MS.

O processo de secagem no campo envolve perda e absorção de água. Com a forragem espalhada, a água se move entre a planta e o ambiente até atingir um valor adequado para o armazenamento. Este movimento de perda e ganho de água da planta e o ambiente é cíclico, e altera o teor de água da planta. Via de regra, a planta perde água durante o dia, a menos que ocorra chuva, e a noite, com alta umidade, devido ao sereno, e talvez chuva, ocorre reumedecimento.

A secagem no campo requer a remoção de cerca de 3 t de água para cada t de feno, e cada kg de água removido requer aproximadamente 2,3 MJ de energia para transformar o líquido em vapor. Isto significa, que cada t de feno produzido requer 7 bilhões de joules de energia para evaporar a umidade das plantas, sendo que esta é a quantidade de energia contida em 270 L de óleo combustível. Todavia, para a forragem desidratada no campo, esta energia é fornecida pelo sol, enquanto a utilização de outras fontes para a secagem artificial pode ser economicamente inviável (ROTZ, 1995).

Quando a forragem é cortada e espalhada no campo para secar há uma súbita interrupção da transpiração (HARRIS e TULLBERG, 1980). A supressão do suprimento de água pelas raízes e uma evaporação contínua da superfície foliar levam ao pré-murchamento, secagem e morte das células. Durante a secagem alguma atividade enzimática prossegue e nutrientes podem ser perdidos. Assim, quanto mais rapidamente ocorrer a secagem, e conseqüentemente a morte das células menor será a perda de valor nutritivo.

Uma vez transformada em vapor, a água se move da planta para o ambiente, seguindo o princípio da difusão da umidade. A difusão é controlada pelo gradiente de pressão de vapor entre a superfície do vegetal e o ambiente, sendo influenciada, principalmente pela temperatura e a seguir pelo teor de água da planta (HARRIS e TULLBERG, 1980).

A curva de secagem das plantas forrageiras apresenta formato tipicamente exponencial (Figura 1), de tal forma que cada unidade adicional de perda de água, requer maior tempo. Embora o padrão de perda de água em condições constantes de ambiente seja uniforme, o período de secagem pode ser convenientemente dividido em

duas ou três fases, as quais diferem na duração, na taxa de perda de água e na resistência a desidratação (MACDONALD e CLARK, 1987).

A primeira etapa de secagem é rápida e envolve intensa perda de água. Os estômatos permanecem abertos, e o déficit da pressão de vapor entre a forragem e o ar é alto. A perda de água pode chegar a 1 g/g de MS/hora. De fato, COSTA e GOMIDE (1991) avaliaram a taxa de secagem dos capins *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa*, *Melinis minutiflora* e *Panicum maximum*, ceifados com oito e doze semanas de crescimento, em condições de câmara climática e de campo, e observaram maior taxa de secagem na fase inicial, ou seja nas primeiras nove horas na câmara climática e três horas no campo. Da mesma forma, FERRARI JUNIOR et al. (1993) observaram maior taxa de secagem na fase inicial (2 horas), ao avaliarem a velocidade de perda de água do capim coast cross (*Cynodon dactylon*) em estufa.

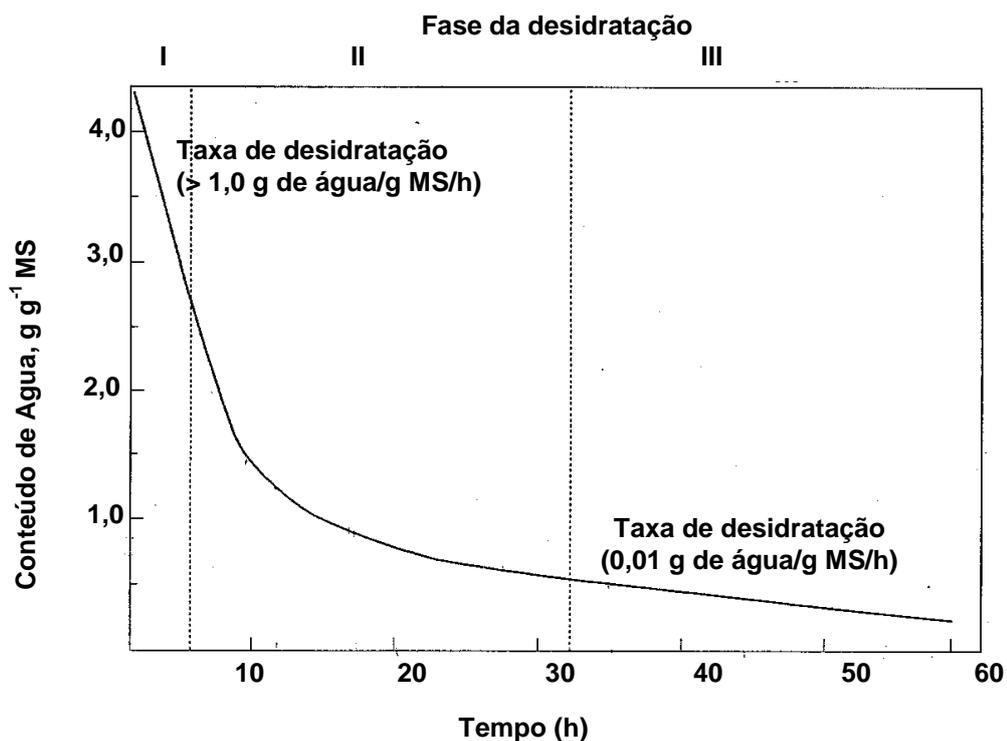


Figura 1. Curva de secagem de plantas forrageiras em condições ambientais uniformes (MOSER, 1995).

Durante o processo de secagem, quando a forragem é enleirada, a progressiva perda de água e o sombreamento, promovem o fechamento dos estômatos, resultando em aumento na resistência à desidratação. Embora, os estômatos se fechem em

aproximadamente 1 hora após o corte, ou quando as plantas possuem de 65 a 70% de umidade, de 20 a 30% do total de água é perdido nesta primeira fase da secagem (MACDONALD e CLARK, 1987).

Numa segunda fase de secagem, após o fechamento dos estômatos, a perda de água acontece via evaporação cuticular. Assim, a estrutura das folhas, as características da cutícula e a estrutura da planta afetam a duração desta fase de secagem. A resistência cuticular e a da camada limítrofe do tecido vegetal com o ambiente, tornam-se as principais barreiras a perda de água.

Após o fechamento dos estômatos, 70 a 80% da água deverá ser perdida via cutícula, cuja função é de prevenir a perda de compostos da planta por lixiviação, de proteção contra a abrasão e dos efeitos da geada e da radiação (MOSER, 1995).

A remoção ou modificação da cutícula, pode reduzir a sua eficiência como barreira a perda de água acelerando a taxa de desidratação da planta. A permeabilidade da cutícula e sua espessura aumentam com a idade da planta. Segundo MOSER (1995) a espessura da cutícula não parece estar relacionada com sua eficiência na retenção de água pela planta.

Além dos fatores anteriormente mencionados, é importante observar que a retenção de água das plantas devido a ação das forças matriciais e osmóticas aumentam durante o período de desidratação (MACDONALD e CLARK, 1987).

O metabolismo da planta continua durante a segunda fase de desidratação, e pode se prolongar quando a camada de forragem é densa, a umidade relativa é alta, ou se é pequena a circulação de ar dentro da leira (MOSER, 1995). Após a queda da umidade para valores inferiores a 45%, a água remanescente na planta torna-se de difícil remoção.

Na fase final de secagem, ou seja na terceira etapa, em função da plasmólise, a membrana celular perde a sua permeabilidade seletiva, ocorrendo rápida perda de água.

A fase final da secagem, se inicia quando a umidade da planta atinge cerca de 45%, sendo menos influenciada pelo manejo e mais sensível às condições climáticas do que as anteriores, principalmente à umidade relativa do ar (MOSER, 1995).

Embora o metabolismo da planta tenha se reduzido na terceira fase de desidratação, a forragem torna-se susceptível aos danos causados pelo meio ambiente, tais como reumedecimento, lixiviação e queda de folhas. A terceira fase continua até a

forragem atingir teor de água adequado, o qual permite o armazenamento do feno sem a continuação dos processos metabólicos da planta a atividade de microrganismos.

2.1. Fatores que interferem na desidratação

a. Fatores climáticos

Os fatores climáticos e o solo constituem o ambiente para a secagem da forragem no campo. Os fatores climáticos exercem efeito acentuado na secagem, mas as propriedades do solo também tem influencia no processo. As principais variáveis a serem consideradas em relação ao clima são: radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento. As altas correlações entre estas variáveis, torna difícil estabelecer quais os efeitos isolados de cada uma sobre a taxa de secagem.

A umidade relativa (UR) do ar, é um dos principais fatores ambientais que exerce influência na perda de água da forragem desidratada no campo (RAYMOND et al., 1991).

De acordo com Crump, citado por MACDONALD e CLARK (1987), sob condição de secagem controlada, a alfafa (*Medicago sativa* L.) arranjada em camadas finas atingiu 20% de umidade em 25 horas, com UR de 45%, mas o tempo de secagem se prolongou para 47 horas, ou seja quase o dobro, quando a UR foi de 70%.

Um fator que exerce influencia acentuada no conteúdo de água dos fenos é a umidade de equilíbrio. Segundo COLLINS (1995) e ROTZ (1995) a umidade de equilíbrio é aquela que a planta obtém, quando colocada em um ambiente com temperatura, umidade e radiação constantes por um período de tempo indefinido. Esta umidade é primeiramente relacionada com o ambiente e posteriormente com a planta. A umidade de equilíbrio é mais influenciada pela umidade relativa do ar próximo a superfície da folha, com maior influencia em condição de alta umidade.

Considerando que o feno é higroscópico, ou seja absorve água do ambiente, a UR também influencia a umidade de equilíbrio da forragem, afim de atingir valores adequados para o armazenamento (Quadro 1).

A radiação solar tem sido identificada como o principal fator ambiental que influencia a desidratação de gramíneas e de leguminosas e conseqüentemente, está associada a taxa de secagem das forrageiras. Além disso, deve-se considerar a influência acentuada da umidade relativa do ar, da evapotranspiração potencial (ETP) ou

déficit de pressão de vapor (DPV), da temperatura, dos ventos e da umidade do solo (REES, 1982; ROTZ, 1995).

Quadro 1- Umidade de equilíbrio dos fenos em função da umidade relativa do ar.

Umidade Relativa do Ar (%)	Conteúdo de Umidade do Feno (%)
95	35,0
90	30,0
80	21,5
77	20,0
70	16,0
60	12,5

Fonte: RAYMOND et al., 1991

É importante salientar, que nas condições climáticas do Brasil Central, durante os meses de verão, observa-se a ocorrência de 50% de dias que propiciam condições adequadas para secagem no campo, ou seja sem ausência de chuvas, temperatura elevada, umidade relativa baixa e ocorrência de ventos. Para que haja segurança no processo de fenação, o produtor deve ter acesso às informações meteorológicas de sua região afim de planejar os cortes da forragem.

b. Fatores inerentes a planta

A superfície das plantas é coberta por uma camada de proteção denominada epiderme, cuja camada externa é uma cutícula cerosa que é relativamente impermeável. A função desta cobertura, incluindo a prevenção de danos físico é diminuir as perdas de componentes da planta por lixiviação e excessiva perda de umidade. Boa parte da água transpirada pelas plantas ocorre via estômatos, os quais são pequenos orifícios na epiderme, cobrindo de 1 a 3% da superfície da planta, mas 80 a 90% da água que deixa a planta o faz via estas estruturas (ROTZ, 1995).

Com o desenvolvimento das plantas, observa-se diminuição na relação folha/caule, bem como no seu VN e conteúdo de água. Do ponto de vista de desidratação, o avanço no estágio de desenvolvimento resulta em vantagem para o processo de perda de água, mas é prejudicial em termos de qualidade da forragem.

Contudo, na prática, afim de assegurar, rapidamente, umidade adequada para o armazenamento, pode-se realizar o corte das plantas mais tardiamente.

É fato reconhecido que existem diferenças na taxa de secagem de plantas forrageiras, mesmo quando fenadas em condições climáticas semelhantes. Segundo COSTA e GOMIDE (1991) o capim jaraguá apresentou maior taxa de secagem, enquanto o braquiária decumbens (*Brachiaria decumbens*) o menor valor, e os capins andropogon (*Andropogon gaynus*), gordura (*Melinis minutiflora*) e colônia (*Panicum maximum*) valores intermediários, quando desidratados em câmara climática ou no campo. Segundo esses autores foram observados tempos de secagem para se atingir a umidade final de 38,0; 30,4; 29,7; 28,8 e de 18,3 horas, respectivamente para os capins braquiária decumbens, andropogon, gordura, colônia e jaraguá.

De acordo com ROTZ (1995) os fatores relativos às plantas que afetam a taxa de secagem são:

- Conteúdo de umidade inicial;
- Espécie forrageira;
- Características físicas da forragem.

A taxa de secagem apresenta correlação com características morfológicas, principalmente a razão de peso de folhas e relação folha/caule (MACDONALD e CLARK, 1987).

Inúmeros fatores relacionados a estrutura das plantas influenciam a taxa de perda de água, destacando-se:

- Razão de peso de folha;
- Relação folha/caule;
- Espessura do caule;
- Comprimento do caule;
- Espessura da cutícula;
- Densidade de estômatos.

Nesse sentido, COSTA e GOMIDE (1991) observaram em gramíneas tropicais que a taxa de secagem correlacionou-se positivamente com a razão de peso de folha, e inversamente com o comprimento dos caules (Quadro 2).

É importante considerar, que apesar de as plantas mais novas apresentarem maior conteúdo de umidade, a perda de água se processa mais facilmente, sendo tal fato relacionado a maior proporção de folhas. A taxa de perda de umidade nas gramíneas

depende da morfologia dos perfilhos, e também do conteúdo de água da planta (MOSEK, 1995). As folhas das gramíneas perdem água 15 vezes mais rápido do que os caules, sendo que 25% da umidade dos caules é perdida através das folhas. Perfilhos vegetativos com 80% de folhas secam em 1/3 do tempo requerido por aqueles que se encontram no estágio de emergência das inflorescências e com 40% de folhas. Por outro lado, após a emergência das inflorescências a taxa de secagem é rápida, devido ao menor conteúdo de água das plantas e a exposição dos caules.

Quadro 2- Coeficientes de regressão linear simples, entre a perda de água das plantas e características morfológicas de gramíneas tropicais.

	Idade em semanas		
	8	12	8-12
Razão de peso de folhas (g/g)	0,983	0,972	0,948
Comprimento dos caules (cm)	-0,988	-0,839	-0,780
Diâmetro dos caules (mm)	0,172	0,659	0,433
Comprimento das folhas (cm)	0,889	0,836	0,751
Largura das folhas (cm)	-0,051	0,003	-0,056
Área de folhas (cm ² /folha)	0,638	0,604	0,611
Área de folha (cm ² /perfilho)	0,559	0,604	0,379
Área específica de folhas (dm ² /g)	-0,338	-0,425	-0,403

Fonte: COSTA e GOMIDE, 1991

Os dados de COSTA e GOMIDE (1991) evidenciam a maior velocidade de secagem das plantas colhidas com oito semanas, quando comparadas àquelas com doze semanas de crescimento.

Além deste aspecto, é importante considerar que plantas de crescimento prostrado, como os capins do gênero *Cynodon*, como Coast cross, Tifton 85, grama estrela que apresentam alta relação folha/caule, são recomendados para a produção de feno, em função de seu alto VN e facilidade de secagem.

Ao avaliarem o capim coast cross para fenação FERRARI JUNIOR et al. (1993), observaram valores de 53; 42; 41 e de 37% de folhas nas plantas colhidas, respectivamente aos 42, 56, 70 e 84 dias de rebrota. Ao avaliarem a aptidão de diferentes espécies forrageiras para a produção de feno, em função da velocidade de

secagem, ALCÂNTARA et al. (1999) concluíram que aos 28 dias de rebrota, e com um mesmo conteúdo de umidade o capim brizantha (*Brachiaria brizantha*) perdeu água mais rapidamente do que o capim coast-cross seguido pelo capim aruana (*Panicum maximum*). Pôr outro lado, aos 42 dias de rebrota o capim coast-cross foi desidratado mais rapidamente, seguido dos capins aruana e brizantha, sendo explicado pelo fato desta forrageira apresentar menor diâmetro médio dos caules, comparado aos demais capins.

Em relação a proporção de caule, é importante considerar que a transferência de água do caule para as folhas é um fator relacionado a velocidade de secagem, principalmente em leguminosas e gramíneas colhidas na fase reprodutiva (ROTZ, 1995). A aplicação de tratamentos mecânicos nos caules, como o condicionamento, resulta em altas taxas de secagem, sendo vantajoso, mesmo se a perda de água do caule via folha for reduzida.

c. Fatores de manejo

Corte

O dimensionamento da área a ser cortada deve ser estabelecido, observando-se a capacidade de processamento, de tal forma a diminuir o tempo de permanência da forragem no campo, reduzindo as perdas nessa fase da fenação.

O corte é a primeira etapa do processo, sendo que as ceifadeiras usam basicamente, barra, disco ou tambores para executar esta operação.

A largura de corte pode variar de 2,0 a 4,2m, dependendo do equipamento. Esta característica influencia não somente o número de vezes que o implemento passa pela área, mas também a densidade da leira. Ao se concentrar a forragem cortada numa largura de 4,2m em apenas um 1,0m, tem-se uma leira pesada, compacta, comparada com a resultante de um implemento que corta a 2,0m de largura e a deixa a forragem espalhada. A espessura da leira é fundamental no processo de secagem, onde leiras mais finas secam mais rapidamente.

As segadeiras devem realizar cortes uniformes, com o mínimo de danos a estrutura de rebrota da planta, pois na fenação é de suma importância a persistência das forrageiras.

Neste sentido, deve-se observar que a utilização de implementos que permitem a regulagem da altura de corte é fundamental. As plantas forrageiras tem características morfofisiológica que demandam diferentes alturas de corte. De maneira geral, os capins de crescimento decumbente e prostrado como aqueles dos gênero *Brachiaria*, *Cynodon*, *Digitaria* podem ser cortados de 10 a 15 cm, enquanto plantas de crescimento ereto como *Avena*, *Hyparrhenia*, *Panicum* as alturas de corte são de 20 a 30 cm. Em termos de leguminosas, como a alfafa a altura de corte esta relacionada a preservação da coroa, normalmente utiliza-se 8 a 10 cm do nível do solo.

Por muitos anos, as segadeiras de barra tem sido utilizadas, principalmente por serem máquinas simples e baratas. A desvantagem desse equipamento é que apresenta baixa velocidade de operação além de promover dilaceração do caule, o que prejudica a rebrota das plantas, reduzindo a persistência do 'stand'.

As segadeiras de disco giratórios desenvolvem maior velocidade, sendo que o seu desempenho é limitado pela habilidade do operador. A desvantagem desta máquina é o seu alto custo de operação, pois requer quatro vezes mais potência para operação. Portanto, um trator mais potente deve ser utilizado e mais combustível pode ser consumido. Por outro lado, com o trabalho desenvolvido em maior velocidade, tem-se menor tempo de operação e de utilização do trator.

Segadeiras com tambores giratórios apresentam algumas desvantagens comparada às demais, pois requerem duas vezes mais potência comparada com as de disco. Além disto, em decorrência do corte desuniforme, tem-se secagem heterogênea nas leiras.

Uma avaliação geral, evidencia que nenhum dos tipos de segadeira apresenta uma vantagem acentuada sobre outra, portanto qualquer delas pode ser usada na fenação, sendo o principal fator de decisão o custo de aquisição e manutenção do equipamento.

As roçadeiras não devem ser utilizadas no processo, pois além de dilacerarem o caule, picam a forragem, o que dificulta o recolhimento, resultando em substancial perda de matéria seca no processo.

A utilização de segadeiras condicionadoras que promovem o esmagamento da haste, acelera a taxa de secagem, pois aumenta a perda de água através do caule. Basicamente, estas segadeiras são constituídas por rolos, de metal ou de borracha que promovem o esmagamento do caule. Todavia, existem no mercado segadeiras que

possuem estruturas, normalmente hastes de um material flexível que quebram o caule, além de danificar a camada cerosa da epiderme, elevando assim a taxa de perda de água. Este tipo de segadeira deve ser usado em gramíneas, pois em leguminosas pode resultar em elevada perda de folhas.

Há que se considerar, que a utilização de segadeiras condicionadoras reduz pela metade o tempo de secagem de plantas forrageiras devido ao aumento da perda de água via caule (RAYMOND et al., 1991; ROTZ, 1995). Condicionamento mecânico, com a maceração do caule, pode melhorar a taxa de secagem de leguminosas de maneira mais consistente quando comparada com a de gramíneas. Os resultados do condicionamento são mais evidentes em espécies que possuem os caules mais grossos, e com baixa relação folha/caule, como ocorre na alfafa submetida ao primeiro corte (ROTZ, 1995). Segundo esse autor, para a cultura da alfafa fenada em condições de alta umidade, o condicionamento aumentou a taxa de secagem em 80% no primeiro corte, com pouco efeito no segundo, terceiro e quarto cortes.

A principal vantagem de segadeiras que promovem abrasão da superfície da planta em relação ao esmagamento do caule é a manutenção da estrutura da leira, pois mantém a integridade do caule, aumentando assim a circulação de ar e, conseqüentemente a taxa de secagem.

O uso de condicionadoras pode ser eficiente somente se houver o suprimento de energia suficiente para aumentar a taxa de evaporação, sendo os efeitos mais pronunciados na fase inicial da secagem. Todavia, deve-se observar que a principal desvantagem deste equipamento esta relacionada ao seu elevado custo.

Segundo HINTZ et al. (1999) diferentes teores de umidade e tempo para que ocorresse a morte celular foram registrados em plantas de alfafa, quando submetidas à ceifa e maceração (Figura 2). Pode se observar na Figura 2 menor tempo de vida celular e maior taxa de secagem das plantas maceradas, pelo fato do rompimento da cutícula cerosa e ruptura da haste com o processo de maceração, permitindo a evaporação de água da planta mais rapidamente.

Os sistemas mais antigos para acelerar a taxa de secagem, fazem referência ao uso de condicionadores mecânicos. Contudo, recentemente tem sido utilizados os condicionadores químicos. Assim, a manutenção dos estômatos abertos mediante aplicação de produtos químicos acelera a taxa de secagem das plantas. De acordo com MAcDONALD e CLARK (1987) a adição de fusicoccina (uma toxina

produzida pelo fungo *Fusicoccum amygdali* Del.), de quinetina e de azida sódica, retarda o processo de fechamento dos estômatos, acelerando a taxa de secagem.

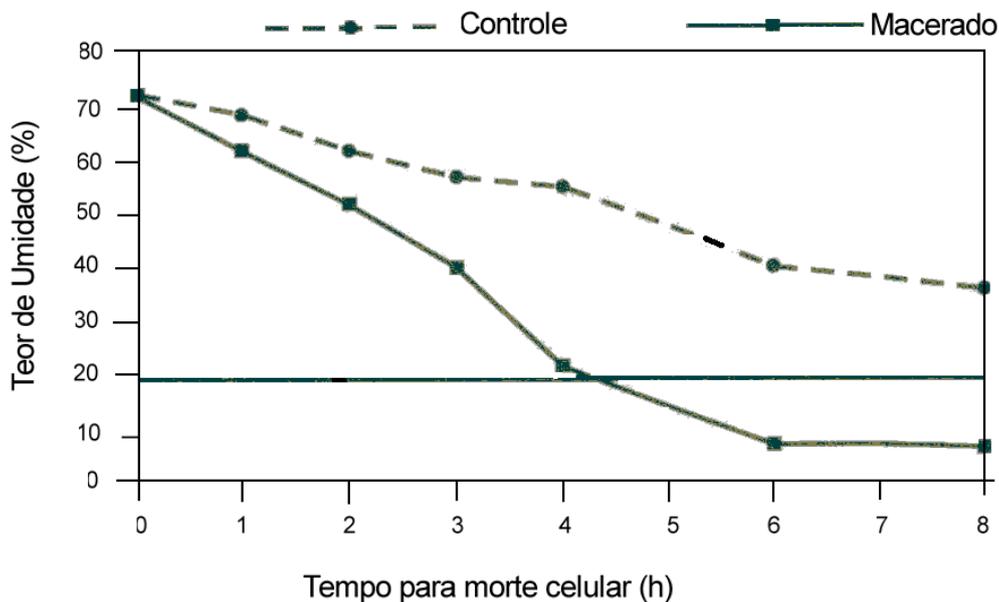


Figura 2. Taxa de desidratação das leiras de alfafa com e sem maceração da forragem ceifada.

Adaptado de HINTZ et al. (1999).

A aplicação de produtos químicos, com a finalidade de alterar a estrutura da epiderme, como por exemplo o carbonato de potássio ou de sódio, dos herbicidas disseccantes dinoseb, endothal e diquat pode resultar em maior taxa de secagem de plantas forrageiras, uma vez que promovem redução na resistência cuticular a perda de água (MACDONALD e CLARK, 1987).

O primeiro método prático de utilização de produtos químicos para acelerar a taxa de secagem de plantas forrageiras, foi o do uso de solução aquosa de carbonato de potássio aplicado na dose de 28 g / l de solução (ROTZ, 1995). A utilização da mistura contendo partes iguais de carbonato de potássio e de sódio é mais econômica, e tem a mesma eficiência. A eficiência do tratamento aumenta com a quantidade do produto aplicada, mas em termos econômicos, recomenda-se a dose de 300 l / ha, quando a produção de forragem é de 3,5 t / ha, e de 470 l / ha, para maiores rendimentos. Os melhores resultados da utilização de produtos químicos são obtidos quando as condições climáticas são favoráveis a secagem, permitindo a redução do processo de fenação em um dia.

Em recente revisão sobre o uso de aditivos para a produção de fenos REIS e RODRIGUES (1998) citaram os dados de Meredith e Warboys que avaliaram, em condições de laboratório, produtos químicos utilizados no processo de secagem de alfafa, observaram que as soluções aquosas de LiCO_3 , Na_2CO_3 e K_2CO_3 promoveram redução de 45, 55 e 65% no tempo de desidratação, respectivamente. Em condições de campo, os autores registraram eficiência do K_2CO_3 , somente quando as leiras estavam bem ventiladas, propiciando condições apropriadas para perda de água. Em trabalho posterior, em condição de laboratório esses autores observaram que o tempo de secagem da alfafa para atingir 33% de umidade, foi reduzido em 49, 76 e 77%, respectivamente para a forragem submetida ao condicionamento, tratamento com carbonato de potássio (solução 0,16 M), e a combinação dos dois.

Trabalhos conduzidos por Akkharatha et al., citados por REIS e RODRIGUES (1998) demonstram que a taxa de secagem da alfafa no campo, decresceu em resposta aos seguintes tratamentos: a- condicionamento mecânico associado a aplicação de carbonato de potássio (solução a 2% na dose de 300 l/ha); b- aplicação do carbonato de potássio (solução a 2% na dose de 300 l/ha); c- condicionamento mecânico; e d- sem condicionamento mecânico.

O condicionamento químico pode acelerar o processo de desidratação de gramíneas, mas na prática os resultados mais eficientes tem sido observado em leguminosas (ROTZ, 1995).

Outros métodos, como por exemplo o uso de calor para alteração da estrutura da cutícula vem sendo empregados com sucesso para acelerar a desidratação de plantas forrageiras, contudo são de aplicação prática restrita. A exposição da planta a chamas, vapor, aquecimento, maceração, branqueamento com água quente, radiação com microondas e corrente elétrica de alta voltagem, podem promover pequenos aumentos na taxa de secagem (ROTZ, 1995).

Manuseio da forragem no campo

O propósito dos tratamentos mecânicos é acelerar a taxa de secagem aumentando a quantidade de energia solar e de vento que atingem a superfície da forragem cortada, promovendo a remoção da umidade. A energia para a secagem no campo é oriunda da radiação solar e do ar próximo a planta. Portanto, a forragem necessita ser manejada de

tal maneira que a radiação recebida por toda a planta e o vento possam passar através de todas as camadas da leira.

A colheita da forragem com VN adequado, ou seja com elevada proporção de folhas tenras, resulta em leiras mais pesadas do que aquelas de plantas que possuem maior percentagem de caules, desta forma, apresentam maior dificuldade para circulação de ar, aumentando a resistência à perda de água (ROTZ , 1995).

A altura de corte influencia a porção de caule remanescente, determinando a intensidade do contato da forragem com o solo, influenciando a circulação de ar na base da leira. As leiras produzidas pela maioria das segadeiras são compactas e altas, e considerando que a resistência da leira, na fase inicial de secagem é o principal fator que limita a perda de água, a taxa de desidratação pode ser aumentada após o uso dos ancinhos. Assim, a perda de água na segunda fase de secagem pode ainda ser rápida, se esforços forem feitos para reduzir a compactação da leira com viragens e revolvimento através do uso de ancinhos.

A umidade dentro da leira depende de :

- Umidade do ambiente;
- Conteúdo de água da planta;
- Fluxo de ar dentro da leira.

Durante a fase inicial da secagem, a alta umidade da planta e a baixa ventilação dentro da leira acarretam conteúdos de água na base e meio da leira, os quais raramente caem abaixo de 80% durante o dia,.

Assim, na fase inicial da secagem, quanto os fatores inerentes a planta não são limitantes para a secagem (estômatos abertos), a porção interna da leira apresenta ambiente desfavorável a secagem. Com o processo de secagem, ambos, o suprimento de energia e o gradiente de umidade dentro da leira aumentam, uma vez que ocorre redução na densidade da leira permitindo maior penetração de radiação solar e também circulação de ar. Este fato tem três implicações:

- Aumento da temperatura;
- Redução da resistência da planta a perda de água;
- Redução da umidade dentro da leira, resultando em incremento no gradiente de vapor d'água entre o ambiente e a planta.

O uso frequente de ancinhos pode ser mais eficiente quando o conteúdo de água da leira varia de 66 a 50%. Durante esta fase, a forragem na superfície seca rapidamente,

enquanto dentro da leira a desidratação é lenta. Assim, cada movimentação da leira proporciona condições apropriadas para a secagem. Além disto, com a forragem tornando-se mais leve devido a perda de água, uma nova ação do ancinho propicia leiras mais abertas, com menor resistência a perda de água. Com o conteúdo de água abaixo de 50% a leira entra em um estágio onde o uso do ancinho não é tão eficiente. Tal fato, ocorre pois nessa fase a taxa de secagem é mais influenciada pela resistência da planta do que pelas estrutura da leira. Nessa fase a umidade de equilíbrio entre o ambiente e a planta assume grande importância no processo.

Quando a umidade da forragem é de 28%, a umidade de equilíbrio atinge 85%, e assim a cultura não secará mais se a UR próxima ou dentro da leira for maior que este valor (Quadro 1).

No processo de secagem da forragem no campo, o topo da leira se desidrata primeiro do que a base. Desta forma, a manipulação da leira pode acelerar e uniformizar a secagem, através do revolvimento da forragem mais úmida colocando-a na camada superior, onde ocorre a secagem mais rápida e também do espalhamento, aumentando a superfície de contato com o ambiente. O uso de ancinhos para promover a inversão das leiras não se aplica em leguminosas, contudo, são benéficos, após chuvas, ou quando as condições de secagem são inadequadas (ROTZ, 1995).

A ação mais intensa dos ancinhos é desejável na fase inicial da secagem, quando a forragem é úmida e ocorre pouco efeito da movimentação sobre a perda de folhas, notadamente em leguminosas. Recomenda-se o uso de ancinho quando o feno contém de 30 a 40% de umidade a fim de preservar as folhas. Quando se faz necessário o uso de ancinhos em forragem mais secas, esta operação deve ser cuidadosa, evitando perda de folhas.

Quando os ancinhos são usados adequadamente, o tempo de secagem pode ser reduzido em dois dias, comparando a forragem que permanece no campo em leiras mais espessas.

Neste sentido, Nash, citado por MAcDONALD e CLARK (1987), observou taxas de perda de água, na segunda fase, variando de 0,5 para 1% /hora em forragem não virada, aumentando para 2%/hora em área submetida a ação de ancinhos, e de 3%/hora em forragem que sofreu condicionamento e foi virada com ancinho.

Perdas de folhas causadas pelo uso de ancinhos varia de 1 a 3% em gramíneas, mas pode atingir valores de até 35% na fenação de leguminosas. O uso de ancinho pode

causar o dobro de perda de matéria seca em áreas com pequena produção de forragem (2,5 t/ha) comparado com áreas mais produtivas.

O aumento na taxa de secagem e redução das perdas no campo são objetivos buscados no processo de fenação, mas alguns métodos utilizados para acelerar a desidratação podem causar perdas de MS. Os métodos empregados podem aumentar os custos referentes a equipamentos, combustível, mão de obra, e de produtos químicos. Desta forma, através do balanço, entre os benefícios observados no aumento na taxa de secagem, a diminuição nas perdas e os custos envolvidos no tratamento, pode-se determinar o método mais adequado de fenação (ROTZ, 1995).

Enfardamento

Enfardadeiras são equipamentos utilizados para recolher, enfardar, permitindo o transporte e armazenamento do feno. A forma, tamanho e o peso dos fardos varia entre os tipos de enfardadeiras, existindo as que produzem os de formato retangular, quadrado e cilíndrico.

A utilização de fardos grandes tem aumentado recentemente, pois permite a diminuição do uso do trabalho humano. Contudo, o uso deste tipo de enfardadeira, implica na utilização de equipamentos especiais para o manuseio, resultando em aumento no investimento.

Embora fardos retangulares convencionais sejam mais susceptíveis aos efeitos climáticos, requerendo coberturas para o armazenamento, eles permitem maior flexibilidade de utilização, pois são leves o suficiente para serem manejados manualmente.

3. Fatores que interferem no valor nutritivo do feno

O valor nutritivo do feno é o resultado das interpelações que ocorrem entre inúmeros fatores, sendo os mais importantes aqueles relacionados com as plantas, com o processamento a campo e com as condições de armazenamento.

3.1. Fatores relacionados a planta

As espécies forrageiras apresentam grande variação no valor nutritivo, mesmo quando se desenvolvem nas mesmas condições ambientais. As alterações no VN ocorrem em decorrência da diversidade genética das plantas e das interações com o ambiente e manejo.

As leguminosas forrageiras, normalmente apresentam maior qualidade comparada com gramíneas, mas dentro de cada grupo de plantas há uma grande variação no VN. Quando ambas são colhidas no estágio de desenvolvimento adequado, as leguminosas apresentam maiores conteúdos de proteína bruta, de minerais, de vitaminas, valores mais altos de digestibilidade da matéria seca e taxa de digestão (Figura 3). De fato, em um estudo desenvolvido para se avaliar o VN de fenos, MOREIRA et al. (2001) encontraram um maior teor de proteína bruta (18,2%) e menor valor de FDN (51,0%) para o feno de alfafa e um comportamento inverso para o de capim coast-cross, 10,5% de proteína bruta e 76,0% de FDN, comprovando a melhor qualidade da leguminosas quando comparada às gramíneas.

As gramíneas de clima temperado apresentam melhor qualidade, quando comparadas com as de clima tropical (Figura 3). Ao comparar o valor nutritivo de gramíneas, MINSON (1990) relatou que a média de digestibilidade daquelas de clima temperado foi 13g/kg de MS maior quando comparadas às tropicais.

A análise da Figura 3 evidencia que as leguminosas e as gramíneas de clima temperado apresentam maior concentração de conteúdo celular de alta digestibilidade, em relação às gramíneas de clima tropical.

A concentração de fibra em detergente neutro de gramíneas tropicais é usualmente duas vezes maior do que as das leguminosas (SANDERSON e WEDIN, 1989). Todavia, a parede celular das gramíneas é mais digestível, pois apresentam menores teores de lignina (Figura 3). Cumpre salientar que a porção lignificada da parede celular das leguminosas concentra-se nos caules, enquanto as folhas apresentam elevadas concentrações de conteúdo celular. De maneira geral, a utilização de espécies perenes, como alfafa, coast cross, Tifton 85 é mais econômico do que a fenação de espécies anuais.

Sem dúvida, um aspecto que deve ser considerado para a produção de fenos de alta qualidade é o controle de plantas invasoras. Essas plantas, normalmente afetam o VN dos fenos, pois apresentam baixa digestibilidade e também são pouco palatáveis. Além disso, algumas podem ser tóxicas, ou conter espinhos o que causa sérios danos aos animais que consomem esses fenos. Portanto, o controle de plantas invasoras é de suma importância, especialmente em áreas cultivadas com plantas perenes.

3.2. Fatores ambientais

O potencial genético para a produção de forragem de alta qualidade em uma espécie forrageira pode ser afetado pelas condições ambientais, pois de maneira geral os fatores que resultam em incremento na produção de matéria seca, podem resultar em decréscimo no VN.

Obviamente, o ambiente não só inclui os fatores climáticos (abióticos), mas também os bióticos, ou seja pastejo, pragas e doenças, além da aplicação de fertilizantes e queimadas, que tem efeito sobre a produção e qualidade da forragem.

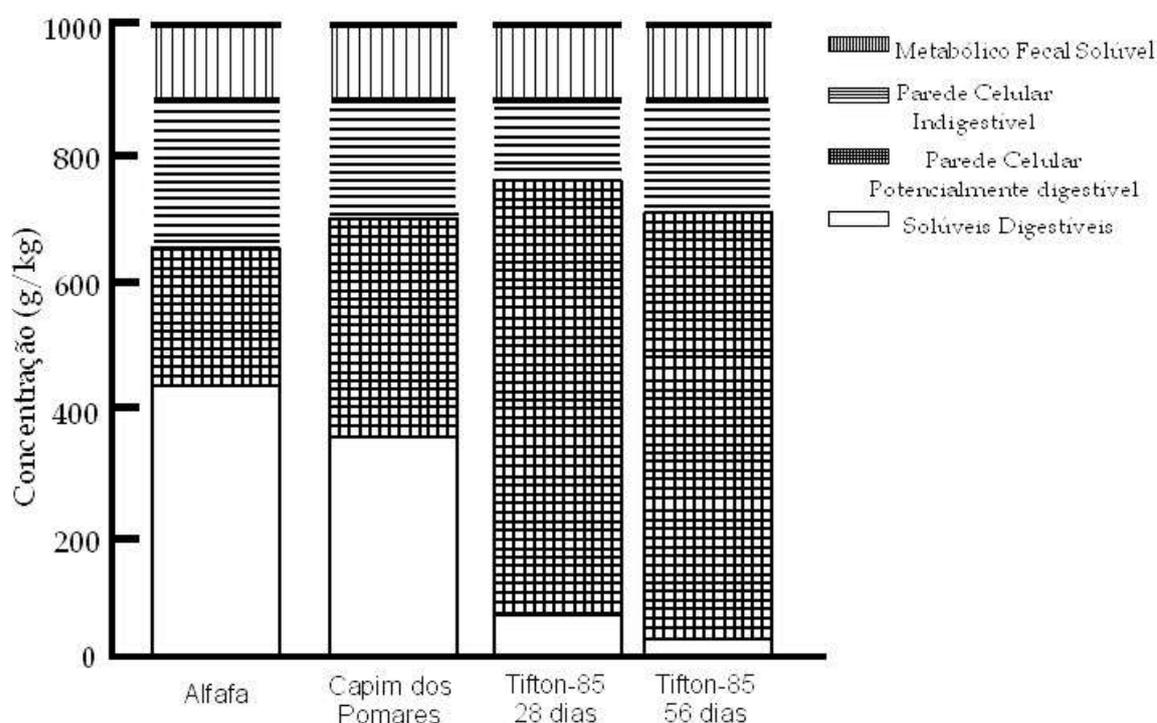


Figura 3. Digestibilidade in vitro da matéria orgânica de alfafa, capim dos pomares e capim tifton-85 com 28 e 56 dias de rebrota.

Fonte: Adaptado de WALDO e JORGENSEN, 1981 e RIBEIRO et al., 2001.

Variações climáticas, principalmente temperatura, durante a estação de crescimento, podem causar alterações na qualidade da forragem. Os valores mais baixos de digestibilidade das espécies de clima tropical podem ser atribuídos aos efeitos das temperaturas mais elevadas, que promovem rápido desenvolvimento das plantas,

diminuindo a relação folha/caule e aumento dos conteúdos de constituintes da parede celular, principalmente lignina.

As deficiências de umidade que causam paralisação do crescimento e morte da parte aérea das forrageiras limitam a produção animal em função da baixa qualidade e quantidade da forragem disponível. Deficiências hídricas amenas que reduzem o crescimento, retardando a formação de caules, podem resultar em plantas com maior proporção de folha e de maior VN.

Além desses aspectos, é importante reportar que a fertilidade do solo exerce influencia sobre a produção e valor nutritivo de plantas forrageiras.

A disponibilidade de nutrientes no solo afeta o VN das forrageiras de duas maneiras:

- Permite que a planta absorva nutrientes essenciais aos animais;
- Aumenta a produção de forragem pelo estímulo do crescimento da forrageira.

Quantidades adequadas de calcário, nitrogênio, fósforo, potássio e microelementos são necessários para garantir altas produções de forragem, e manter a persistência das plantas desejáveis no 'stand' por longos períodos. A avaliação periódica da fertilidade do solo auxilia na determinação da quantidade de corretivos e fertilizantes a serem aplicados, garantindo o retorno econômico do investimento.

A fertilidade do solo tem relação direta com a composição química das forrageiras, afetando diretamente o conteúdo de nutrientes e, conseqüentemente a digestibilidade e o consumo. Os conteúdos de minerais adequados para o crescimento das plantas, muitas vezes não atendem as exigências dos animais, devendo-se considerar que alguns elementos minerais exigidos pelos animais não o são pelas plantas.

Na produção de feno, deve-se observar que é intensa a remoção de nutrientes pois toda forragem é recolhida, além de não haver reciclagem de nutrientes através das fezes e urina dos animais em pastejo.

Ao avaliarem os efeitos da adubação, MANEGATTI et al. (1999) observaram alterações na composição química das plantas de capins coast-cross, tifton-68 e tifton-85 com a aplicação de nitrogênio no solo. Estes autores observaram nos cultivares avaliados, incremento na produção de matéria seca e nos teores de proteína bruta, redução nos teores de FDN e não registraram alteração nos conteúdos de FDA e nos valores de digestibilidade in vitro da matéria seca com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 4).

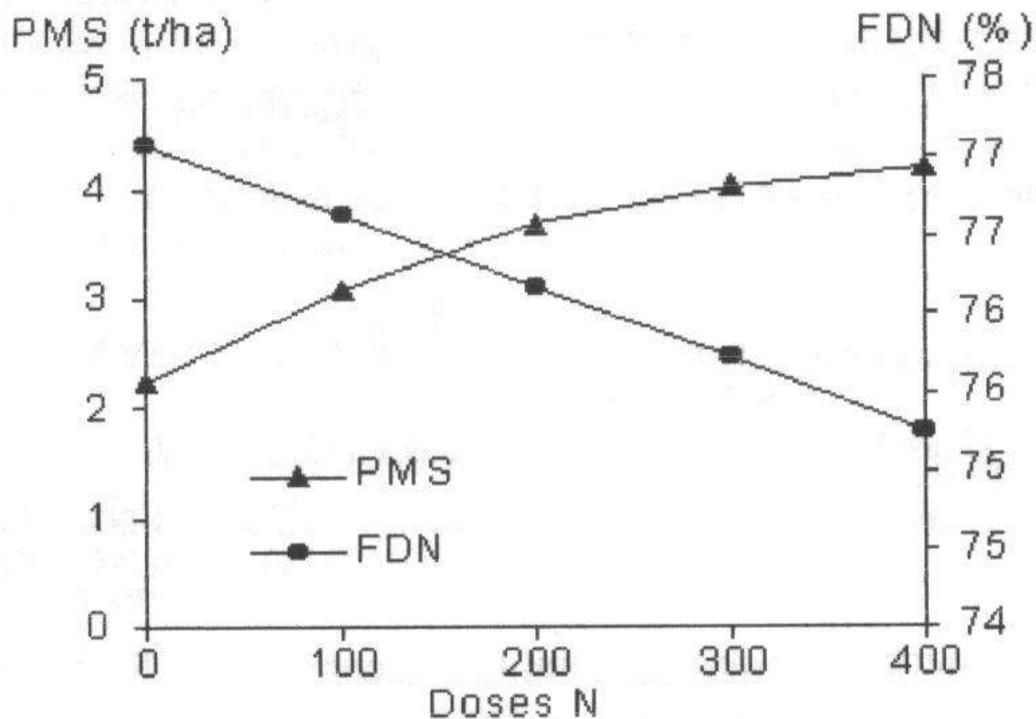


Figura 4. Produção de MS e teor médio de FDN dos capins coast-cross, tifton-68 e tifton-85 em função das doses de nitrogênio.

Adaptado de MANEGATTI et al., 1999.

3.3 Estádio de desenvolvimento da planta

O estágio de desenvolvimento no momento do corte, sem dúvida, é o fator que exerce maior influência na qualidade da forragem. Com o crescimento ocorrem alterações, que resultam na elevação dos teores de compostos estruturais, tais como a celulose, a hemicelulose e a lignina e, paralelamente, diminuição do conteúdo celular. Além destas alterações, é importante salientar que a diminuição na relação folha/caule resulta em modificações na estrutura das plantas. Desta forma, é de se esperar, que plantas mais velhas apresentem menor conteúdo de nutrientes potencialmente digestíveis. Deve-se considerar que, em gramíneas tropicais, em função da temperatura ambiente e da alta luminosidade, observa-se rápido crescimento, o que acarreta variações acentuadas na sua composição química e na digestibilidade.

A análise dos dados da Figura 3 (RIBEIRO et al., 2001) evidencia aumento nos valores de parede celular indigestível e decréscimo no conteúdo celular do capim tifton 85 colhido aos 28 e 56 dias de crescimento, respectivamente.

Ao avaliarem os parâmetros morfológicos do capim tifton-85 em diferentes idades de rebrota, OLIVEIRA et al. (2000) concluíram que a taxa de senescência foliar desta espécie apresentou comportamento sigmoidal com o desenvolvimento (Figura 5). Conforme pode ser observado, até os 28 dias de idade a taxa de senescência das folhas foi lenta, aumentando linearmente até os 58 dias, tendendo a estabilizar a partir desta idade, o que indica a adoção de cortes em torno de 28 dias, objetivando maximizar a eficiência de uso de forragem, em termos quantitativos e qualitativos.

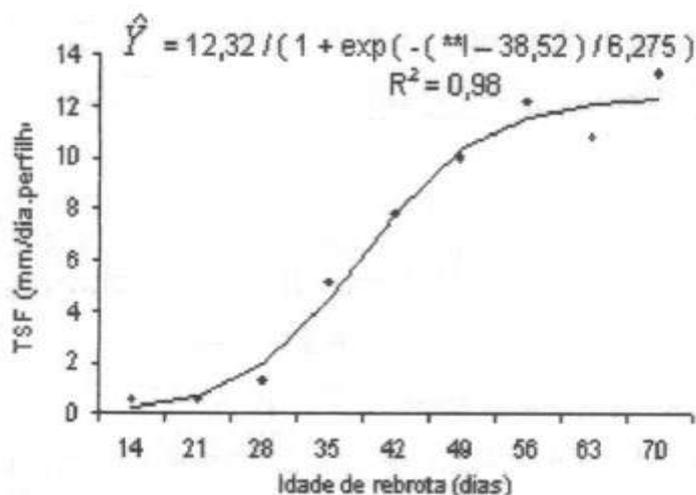


Figura 5. Estimativa da taxa de senescência foliar (TSF) do capim tifton-85 em diferentes idades de rebrota.

Fonte: Oliveira et al., 2000.

A análise conjunta dos dados de OLIVEIRA et al. (2000) e de RIBEIRO et al. (2001) permite concluir que a colheita do tifton 85 em idade superior a 28 dias pode resultar em forragem de pior qualidade, em decorrência do aumento da senescência e consequentemente elevação nos teores de constituintes da parede celular de baixa digestibilidade.

3.4. Perdas durante a secagem da forragem

Quando uma planta forrageira é cortada, ocorrem alterações fisiológicas que, resultam em perdas inevitáveis de nutrientes. As alterações na composição após o corte ocorrem antes da forragem ser removida do campo, bem como durante a fase de armazenamento (MOSER, 1995).

A forragem permanecendo cortada no campo pode sofrer alterações acentuadas em sua composição química e atividade fisiológica. As atividades fisiológicas ocorrem no protoplasma ou porção viva da planta (simplasto). A porção não viva (apoplasto), tal como a parede celular, uma vez formada, não possui atividade fisiológica intrínseca.

Após o corte as plantas permanecem vivas, tendo condição de desenvolver atividade fotossintética, enquanto os estômatos estiverem abertos. Porém, a cobertura vegetal não esta orientada para interceptar a luz, e somente uma pequena superfície é iluminada. Uma vez que a abertura dos estômatos depende da incidência de luz, as lâminas foliares que são sombreadas, quando espalhadas ou em enleiradas, têm os estômatos fechados rapidamente. As folhas que estão expostas a luz perdem água rapidamente, causando fechamento dos estômatos.

As perdas de nutrientes se iniciam imediatamente após o corte, e algumas alterações bioquímicas, como a respiração e a oxidação são inevitáveis durante a secagem. Desta forma, a remoção de água tão rápida quanto possível, resultará na diminuição das perdas pôr esses processos (REES, 1982; MUCK e SHINNERS, 2001).

Vários tipos de perdas podem ocorrer no recolhimento da forragem, além daquelas consideradas inevitáveis, como respiração celular, fermentação, lixiviação, decomposição de compostos nitrogenados e oxidação de vitaminas.

Segundo MUCK e SHINNERS (2001) pode-se enumerar os seguintes tipos de perdas que ocorrem no recolhimento do feno:

- Perdas no corte devido à altura do resíduo;
- Perdas pôr respiração e fermentação decorrentes do prolongamento do período de secagem;
- Perdas pôr lixiviação levando a decréscimo no conteúdo de compostos solúveis;
- Perda de folhas em decorrência do manuseio excessivo da forragem, notadamente na fase final de secagem; e,
- Perdas pôr deficiência no recolhimento da forragem.

Teoricamente, muitas destas perdas podem ser evitadas, contudo a ocorrência de chuvas inesperadas pode causar perdas inevitáveis.

As enzimas hidrolíticas e respiratórias presentes nas células das plantas continuam ativas até que condições letais ocorram, ou seja, redução acentuada no conteúdo de água das células. A respiração celular cessa, quando o teor de água da planta atinge valores abaixo de 35 a 40% (REES, 1982; MACDONALD e CLARK, 1987). Se a planta permanece respirando, ocorrerá perda de carboidratos solúveis de alta digestibilidade, diminuindo assim a qualidade do feno. Outros compostos, como gordura e proteína podem ser usados no processo de respiração quando se esgotam os carboidratos solúveis.

Da mesma forma, o processo de fermentação pode ocorrer no campo, principalmente se o tempo de secagem for prolongado em função das condições climáticas inadequadas para a secagem (MOSER, 1980).

As perdas devido à ocorrência de chuvas durante a secagem a campo podem chegar a mais de 30% da matéria seca (MS). O maior percentual da MS perdida é relativo ao conteúdo de compostos solúveis, altamente digestíveis. Os principais fatores que afetam as perdas pôr lixiviação estão relacionados com a quantidade, intensidade e duração das chuvas. Fatores inerentes à cultura como o conteúdo de água da planta no momento da chuva, maturidade, relação folha/caule, densidade da camada de forragem, espécie forrageira e o tratamento da planta no momento do corte (condicionamento), influenciam acentuadamente as perdas de MS (MACDONALD e CLARK, 1987; MOSER, 1995; MUCK e SHINNERS, 2001).

A ocorrência de chuvas pode afetar a taxa de secagem e qualidade dos fenos de diferentes formas:

- Prolongamento da vida da célula, permitindo a continuação do processo respiratório;
- Lixiviação de compostos solúveis;
- Causa perda indireta de folhas pela manipulação excessiva do feno;
- Propicia ambiente adequado para o desenvolvimento de microrganismos no campo, resultando em fermentação.

As chuvas na fase final da secagem, quando as células estão mortas e a membrana celular perdeu sua permeabilidade diferencial, causam maiores perdas do que aquelas que ocorrem no início da fenação. Da mesma forma, o condicionamento da

forragem resulta em maiores perdas devido à ocorrência de chuvas (ROTZ, 1995). A forragem que foi submetida à chuva, para completar a secagem deverá sofrer processamento intenso no campo, o que pode resultar em aumento nas perdas mecânicas (ROTZ, 2001).

As perdas no processo de fenação podem ser estimadas, com base nos trabalhos revisados por MACDONALD e CLARK (1987), conforme as condições de secagem e de armazenamento (Quadro 3).

Quadro 3. Previsão de perdas (%), durante o processo de fenação em diferentes condições de secagem no campo.

Fontes de perdas	Ótimas		Normais		Adversas	
	P	C	P	C	P	C
Forragem cortada		100		100		100
Corte/condicionamento	5	95	10	90	20	80
Respiração	5	90	10	81	15	68
Ancinho	5	86	10	73	20	54
Lixiviação	0	86	10	66	15	46
Enfardamento	5	81	10	59	20	37
Armazenamento	5	77	10-20	53-47	30	26
Manuseio	5	74	10	48-43	30	18
Forragem consumida		74		48-43		18

P- Perdido (%); C- Conservado (%).

Fonte: MACDONALD e CLARK, 1987.

Perdas de carboidratos solúveis

As perdas de carboidratos solúveis na forragem cortada exposta ao ar são devidas principalmente à respiração e fermentação. Estes, sendo altamente digestíveis, fazem com que a perda de valor nutritivo seja bem maior do que pareceria se fosse considerada apenas a perda de matéria seca total isoladamente. Os carboidratos solúveis perdidos incluem frutose, sacarose e frutanas. SULLIVAN (1973) relatou redução nos teores de frutanas em azevém e menor redução nos conteúdos de hexoses. De qualquer modo, as perdas de carboidratos solúveis respondem pelas maiores alterações

nos conteúdos de matéria seca, principalmente durante o pré-murchamento e secagem lentos, mas redução nos teores de ácidos orgânicos também ocorrem.

É importante considerar que durante a secagem e em decorrência da atividade respiratória (que resulta em decréscimo nos conteúdos de carboidratos solúveis), as concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e de lignina, os quais não são afetadas pela respiração, podem aumentar em termos proporcionais, uma vez que os resultados são expressos em porcentagem.

Compostos nitrogenados

Durante a secagem, podem ocorrer pequenas perdas de compostos nitrogenados através da conversão da proteína em formas mais simples de nitrogênio não protéico (NNP) solúvel. Assim, o desdobramento da proteína na presença de umidade é muito rápido, e a extensão da degradação é influenciada pelo tempo de secagem (MOSER, 1995).

As perdas de compostos nitrogenados são menores do que as de carboidratos solúveis. Proteases vegetais ainda estão ativas durante a secagem e os teores de N total solúvel aumentam, em oposição ao N protéico, pela formação de peptídios, aminoácidos, amidas e bases voláteis (MOSER, 1980). O percentual dos aminoácidos constituintes da fração protéica também muda, com redução nos teores de glicina, serina, treonina, alanina, tirosina, valina, metionina, leucina e isoleucina e aumento de prolina, glutamina e asparagina.

Como quase todas as formas de N são aproveitadas pelo ruminante, não ocorrem grandes perdas de valor nutritivo dos fenos devido a essas interconversões. Em média, 2,5% do N é perdido, mas a digestibilidade da proteína, só será grandemente afetada com aumento na temperatura e/ou interferência de microrganismos.

Vitaminas

Segundo MOSER (1995) a secagem ao sol diminui os teores das vitaminas A (β caroteno), C e E, em função da oxidação e queima. Todavia, ocorre aumento no conteúdo de vitamina D. A Vitamina D esta ausente ou ocorre em pequenas quantidades em forragens verdes, pois os seus protótipos são esteróides, distribuídos em pequenas quantidades. Com a morte das células após o corte, e durante o pré-murchamento, certos esteróides expostos à luz solar se transformam em vitamina D ou aumentam a atividade

antiraquítica. A radiação ultravioleta (280-300 m μ) tem poder de penetração baixo, mas suficiente para provocar um rearranjo molecular para produzir o fator antiraquítico. A intensidade da atividade produzida é proporcional ao tempo de exposição ao sol. As folhas são mais susceptíveis à irradiação que os colmos, logo, material fenado com alta proporção de colmos e exposto a pouca radiação contém pouca atividade. Contudo, também foi observado que a atividade pode ser maior numa forragem madura, devido à alta concentração de esteróides nas partes florais em desenvolvimento (MOSER, 1980).

A vitamina E é um tocoferol e em termos práticos pode ser expressa como total de tocoferóis presentes na planta. Folhas verdes possuem altos teores de tocoferóis, particularmente durante o período de florescimento, de forma que um pasto verde é rico em atividade de vitamina E, enquanto as forragens maduras são pobres e o feno seco apresenta atividade ainda mais baixa.

Minerais

Perdas de minerais, como fósforo e cálcio, podem ocorrer em pequenas quantidades, entretanto uma exposição prolongada no campo pode alterar estes valores. Com a ocorrência de lixiviação, quebra da folha e outros processos físicos indiretos podem proporcionar a perda de minerais, notadamente a de potássio .

Glicosídeos cianogênicos

A secagem promove diminuição na concentração de compostos tóxicos, como glicosídeos cianogênicos presente em algumas espécies de *Cynodon*, no sorgo e no trevo, que perdem tal efeito devido à desnaturação das enzimas que liberam a cianida, ou pela volatilização do ácido cianídrico liberado (MOSER, 1980).

Existe também as substâncias estrogênicas presentes na alfafa (cumesterol) que interfere no ciclo estral dos animais e acarretam problemas no parto, todavia tais compostos tem a sua presença diminuída após o processo de secagem.

Outras mudanças também ocorrem na forragem após secagem natural ou artificial, destacando-se a diminuição do conteúdo de proteína solúvel da alfafa, que é o agente causador do timpanismo em animais em pastejo nesta espécie de leguminosa (MOSER, 1980., 1995).

Perdas mecânicas

As perdas mecânicas, durante o processamento a campo, podem ocorrer em função do dilaceramento de folhas e caules, no momento do corte, considerando que estas porções fragmentadas não serão recolhidas pela enfardadeira. Ademais, é de suma importância, principalmente para as leguminosas, as perdas de folhas que ocorrem em resposta a manipulação da forragem, notadamente na fase final da secagem. Quando a forragem é manuseada com baixo conteúdo de água a probabilidade de perdas de folha aumenta. Todavia, com o manuseio da forragem mais úmida, pode-se diminuir as perdas de folha no campo.

Propiciar condições apropriadas de secagem e de armazenamento são necessárias, uma alternativa para minimizar as perdas em ambas as fases é o recolhimento da forragem com conteúdo de água intermediário (20%).

O desenvolvimento de equipamentos mais eficientes para o corte, como o uso de condicionadoras que promovem abrasão ao invés de maceramento dos caules, além de ancinhos que aceleram a taxa de perda de água, bem como a utilização de enfardadeiras que permitem o armazenamento dos fardos com diminuição de perdas, são técnicas que aumentam a eficiência da fenação (MACDONALD e CLARK, 1987).

4. Sistemas de armazenamento de fenos

O feno enfardado pode ser armazenado em galpões, ou no campo, podendo ser total ou parcialmente coberto, ou deixado inteiramente desprotegido, dependendo das condições climáticas da região.

Além de enfardado, o feno pode ser armazenado a granel, em medas, ou em galpões. Todavia, deve-se considerar que este sistema de armazenamento demanda mão de obra para confecção das medas e maior espaço nos galpões, sendo de baixa economicidade em termos práticos.

Quando adequadamente protegido, o feno permanece com sua qualidade estável durante o armazenamento com pequenas perdas devido a atividade de microrganismos.

O feno armazenado em local desprotegido apresenta os mesmos tipos de perdas daqueles protegidos, além de sofrerem os efeitos do clima na superfície exposta. As perdas nos fardos redondos armazenados em locais desprotegidos, podem ser aumentadas em 10-15% em respostas aos efeitos do clima.

Armazenamento em galpões

Fardos retangulares são tradicionalmente armazenados em galpões arejados, enquanto os redondos de alto peso podem ser armazenados em locais cobertos ou no próprio campo.

Para o armazenamento de fardo retangulares em galpão de 5 m de altura, pode-se calcular 1,5 m² de piso/t MS de feno. Fardos redondos requerem mais espaço, não podendo ser armazenados como os retangulares. Para fardos com 1,5 m de diâmetro, com pilhas com altura equivalente a três fardos, tem-se 1,75 m² de piso/t MS.

Para fenos armazenados em locais protegidos, o principal fator limitante na preservação da qualidade é sem dúvida o conteúdo de umidade. Feno com umidade menor do que 15% são estáveis, enquanto naqueles com valores superiores, a atividade de microrganismos pode causar aquecimento, principalmente nas primeiras 3 a 5 semanas de armazenamento. Alterações na qualidade são pequenas em fenos com 20% de umidade, armazenados em locais protegidos.

No armazenamento de fenos em galpões deve-se tomar medidas de segurança, incluindo a aquisição de equipamentos que permitam o empilhamento dos fardos com segurança, evitando danos a forragem e às pessoas que a manuseiam.

Além disto, é imprescindível observar cuidados em relação a ocorrência de fogo nos galpões. As causas de fogo nos galpões podem ser de origem interna (combustão espontânea) ou externa, sendo que as primeiras estão relacionadas ao aquecimento do feno em decorrência da respiração celular e atividade de microrganismos que ocorrem nos fenos armazenados com alta umidade.

Como medida de segurança os fardos redondos não devem ser armazenados com umidade superior a 18%, enquanto os retangulares podem ter 20% ao serem colocados em galpões. Quando se suspeita que a umidade esta acima dos valores citados, os fenos devem ser armazenados em local arejado e seco por pelo menos três semanas afim de perder umidade. Os fenos que foram recolhidos recentemente, não devem ser armazenados junto aos mais secos.

O risco de fogo nos fenos armazenados com alta umidade pode ser minimizado no galpão, quando se permite a circulação de ar entre as pilhas de fardos. Os fardos que se suspeita conter excesso de umidade, devem ser armazenados em local arejado seco até que tenha conteúdo de água que permita armazenamento seguro.

Deve-se avaliar periodicamente a temperatura dos fardos, observando que valores abaixo de 49 °C são considerados normais, e entre 49 a 60 °C inicia a fase de alerta, enquanto acima de 70 °C tem-se sério risco de combustão espontânea.

As causas externas do fogo são variadas, podendo estar relacionadas com a ocorrência de raios e até mesmo cigarros acesos jogados no galpão. Desta forma, no planejamento para a construção dos galpões deve-se evitar locais próximos aos pontos que atraiam raios, como linhas de transmissão de energia elétrica, cercas, árvores ou torres contendo antenas.

Nas proximidades dos galpões deve-se eliminar a vegetação, diminuindo o risco de fogo que possa passar para o feno armazenado.

A colocação de placas alertando para não fumar nas áreas próximas aos galpões, é uma medida de extrema importância para minimizar a ocorrência de incêndios

Armazenamento no campo

Fardos redondos são muitas vezes armazenados em locais abertos, eliminando investimento em construções. Da mesma forma, fardos retangulares podem ser armazenados no campo, mas normalmente são cobertos, evitando assim perdas de matéria seca.

Devido ao seu formato, nos fardos redondos a água das chuvas escorre pela superfície, com pouca penetração na forragem. Inúmeros fatores podem influenciar a eficiência dos fardos redondos sobre a absorção de água das chuvas. A forragem que possui caules finos e flexíveis, sem plantas invasoras permitem a produção de fardos densos e com formato adequado. Por outro lado, plantas com caules mais desenvolvidos são difíceis de enfardar, resultando em fardos com formato inadequado, com locais que permitem a entrada de água das chuvas.

Em geral, as perdas de MS de fardos redondos armazenados em locais desprotegidos estão relacionadas com a densidade no enfardamento, onde naqueles mais densos, observa-se menor deterioração.

Contudo, esse tipo de fardo tem alta absorção da água contida no solo. Vários métodos de armazenamento fornecem diferentes intensidades de proteção no campo, podendo os fardos serem colocados em locais bem drenados, ou sobre pedra triturada, pedaços de madeira e mesmo pneus, diminuindo o contato forragem solo. Além disto, os fardos podem ser cobertos com plástico, reduzindo a absorção de umidade. As perdas de MS neste tipo de fardos armazenados em local desprotegido pode variar de 3 a 40%,

dependendo das condições climáticas. A colocação dos fardos em locais elevados reduz em 3% as perdas de MS, enquanto o uso de uma cobertura plástica diminuiu em 30% .

A forragem da porção central dos fardos armazenados em locais descobertos, tem VN similar àquela dos fenos mantidos em locais cobertos. A maior parte da perda de MS ocorre na camada externa dos fardos, 10-20 cm, onde o feno é exposto aos efeitos do meio ambiente, ou seja chuvas, sereno e umidade do solo.

No sistema de armazenamento de fardos no campo, é de suma importância observar o local do armazenamento, assim alguns critérios devem ser observados:

- Proximidade do local de fornecimento aos animais;
- Locais bem drenados;
- Local de fácil acesso, para permitir manuseio do feno e controle de fogo
- Local aberto afastado de árvores;
- Local ensolarado e ventilado.

Na disposição dos fardos redondos em linhas no campo, é importante deixar espaço entre elas, pelos menos 0,9 m, permitindo a circulação de ar, evitando a concentração de umidade.

As linhas de fardos redondos no campo devem obedecer a orientação norte sul, aumentando a exposição ao sol, resultando em secagem rápida após a ocorrência de chuvas.

Os fardo redondos podem ser empilhados, observando o formato triangular, pode-se usar três ou cinco linhas de fardos na base e a seguir colocando outras linhas por cima até finalizar com apenas uma linha. A quantidade de fardos armazenados dependerá do número de linhas da base e do comprimento das linhas. Nesse sistema pode-se cobrir as pilhas de fardos com plástico, tomando-se o cuidado de se fixar adequadamente evitando problemas com ventos.

Da mesma forma, ao se empilhar fardos retangulares e usar cobertura plástica, é importante cobrir a pilha lateralmente, até a metade superior, permitindo assim a troca de umidade entre o feno e o ambiente. Com o uso de plástico tem-se o risco da condensação da umidade na superfície, concentrando água e permitindo o desenvolvimento de microrganismos.

4.1. Perdas no armazenamento

O recolhimento dos fenos com umidade, acima de 20%, reduz as perdas no campo, diminuindo os riscos de ocorrência de chuvas e as perdas de folhas, principalmente em leguminosas (REIS e RODRIGUES, 1992, 1998).

As principais causas de perdas de MS no armazenamento de fenos com alto conteúdo de água estão relacionadas com a continuação da respiração celular e ao desenvolvimento de bactérias, fungos e leveduras. Em função da respiração celular e do crescimento de microrganismos, tem-se a utilização de carboidratos solúveis, compostos nitrogenados, vitaminas e minerais. Desta forma, há diminuição no conteúdo celular e aumento percentual na porção referente aos constituintes da parede celular, o que resulta em diminuição do VN.

Deve-se considerar, que a intensa atividade de microrganismos promove aumento na temperatura do feno, podendo-se registrar valores acima de 65°C e até combustão espontânea. Condições de alta umidade e temperaturas acima de 55°C são favoráveis a ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos amins dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard, ou artefatos de lignina, que são dosados nesta fração da parede celular da forragem (MOSER, 1980, 1995, McBETH et al., 2001).

A formação de produtos de Maillard em fenos superaquecidos promove diminuição acentuada na digestibilidade da proteína, uma vez que pode-se observar aumento considerável nos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), o qual não é disponível para os microrganismos do rúmen. Portanto, o aumento de NIDA acarreta decréscimo nos teores de proteína solúvel e elevação na quantidade de proteína bruta (PB) alterada pelo calor.

COBLENTZ et al. (2000) observaram correlação positiva entre o aquecimento espontâneo e as concentrações de nitrogênio insolúvel em detergente neutro e nitrogênio insolúvel em detergente ácido nos fenos do capim bermuda armazenados com diferentes teores de umidade. Da mesma forma, McBETH et al. (2001) registraram aumento nos teores de NIDA e decréscimo na digestibilidade de fenos de capim bermuda armazenados com umidade variando de 16,9 a 33,6%. Os autores observaram que o aumento do grau de aquecimento-dia, no qual a temperatura da forragem permaneceu

acima de 35°C, acarretou decréscimo no VN do feno em decorrência da diminuição da concentração de N disponível.

Ao observarem o fluxo de açúcares durante o armazenamento do feno de alfafa e as alterações na qualidade da forragem quando enfardadas com diferentes teores de umidade, COBLENTZ et al. (1997) verificaram que na planta enfardada com 30% de umidade (Figura 6), os teores de carboidratos não estruturais e a fração de nitrogênio insolúvel em detergente ácido se comportaram de forma diferente que naquelas armazenadas com 20% de umidade.

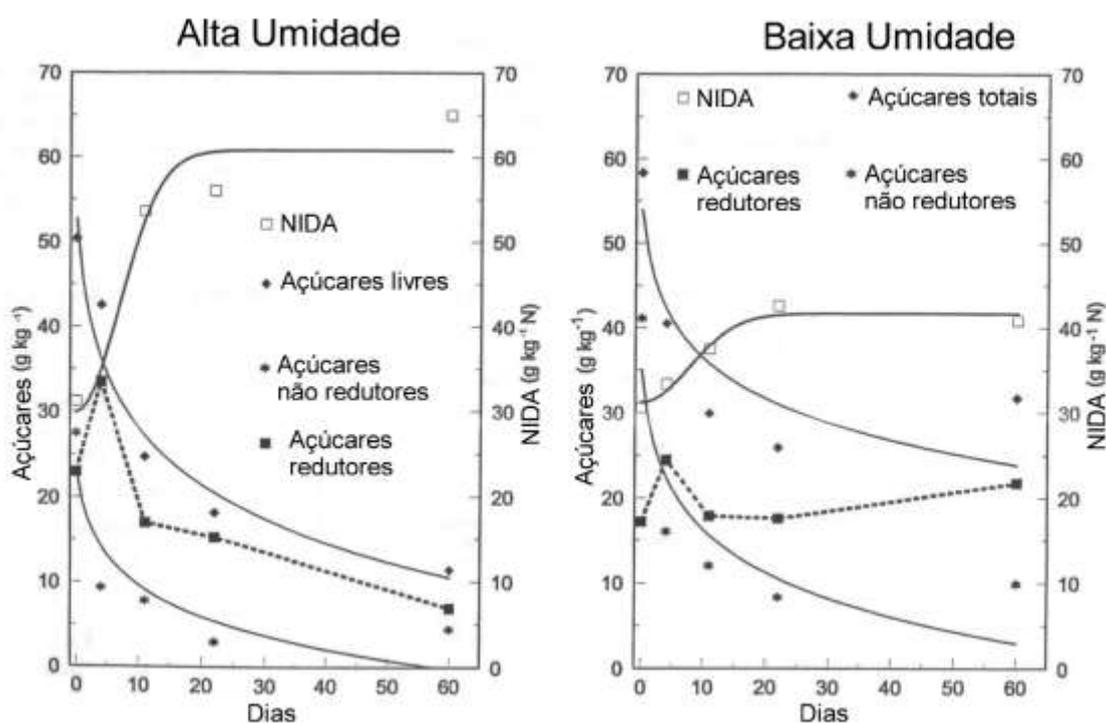


Figura 6. Concentrações totais de açúcares solúveis, açúcares não redutores, açúcares redutores e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) conforme o tempo de estocagem em fenos de alfafa com alta (30%) e baixa umidade (20%). Linhas sólidas representam regressão linear e linhas tracejadas conteúdos médios.

Fonte: Adaptado de COBLENTZ et al., 1997.

Conforme pode ser observado na Figura 6, há uma menor complexação do nitrogênio com a fração FDA nos fenos armazenados com baixa umidade (20%), verificando-se ainda aumento nos teores médios de açúcares redutores à medida que se

prolongou o tempo de armazenamento. Os autores observaram também uma taxa mais lenta de queda nos teores de açúcares nos fenos mais secos (20%), quando comparado com aqueles armazenados com alta umidade (30%).

Segundo MOSER (1995) a análise de fenos armazenados com umidade acima de 15%, e que sofreram aquecimento evidencia algumas mudanças na cor, associadas com a atividade de microrganismos e aquecimento durante o armazenamento. A cor verde presente no enfardamento dos fenos úmidos é alterada para vários tons de marrom. A extensão das alterações na cor fornece indicação da intensidade do aquecimento no armazenamento e ocorrência da reação de Maillard.

Nos fenos enfardados com alta umidade a digestibilidade da MS e de outros nutrientes diminuem com o armazenamento, uma vez que muitos compostos facilmente digestíveis são perdidos devido à respiração (MOSER, 1980, 1995).

As plantas forrageiras em crescimento no campo estão inoculadas, naturalmente, com uma ampla variedade de fungos e de bactérias. Segundo REES (1982) a população de fungos de campo, geralmente não causa alterações acentuadas na composição química dos fenos, exceto quando a umidade permanece elevada por períodos prolongados.

A população de fungos de campo é menos diversificada do que a registrada no armazenamento dos fenos (REIS e RODRIGUES, 1998, REIS et al., 2001), sendo que os microrganismos presentes durante este período são xerotolerantes e mais termotolerantes do que os de campo. Neste grupo estão incluídos os gêneros *Aspergillus*, *Absidia*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Emericella*, *Eurotium* e *Humicola* (KASPERSSON et al., 1984).

De acordo com HLODVERSSON e KASPERSSON (1986) a fenação altera a população de fungos da forragem, havendo diminuição naqueles gêneros típicos de campo como *Alternaria*, *Fusarium* e *Cladosporium* e aumento de *Aspergillus* e *Fusarium*, de maior ocorrência durante o armazenamento (Quadro 4).

É importante considerar, que além das alterações na composição química, o desenvolvimento de fungos pode ser prejudicial à saúde dos animais e das pessoas que manuseiam estes fenos, devido à produção de toxinas, principalmente aquelas relacionadas aos fungos patogênicos como *Aspergillus glaucus* e *Aspergillus fumigatus* (MOSER, 1995; REIS e RODRIGUES, 1998).

Quadro 4. População de fungos em fenos de gramíneas enfardados com alta umidade (44%)

Grupos de Fungos	Dias de armazenamento					
	0	2	5	7	12	19
<i>Aspergillus</i>	O	--	D	D	D	D
<i>Penicillium</i>	O	--	D	D	D	D
<i>Scopulariopsis</i>	O	--	--	--	--	--
<i>Fusarium</i>	D	D	--	--	--	--
<i>Cladosporium</i>	D	D	D	D	D	--

D- Dominante, O-Ocorrência freqüente

Fonte: HLODVERSSON e KASPERSSON, 1986.

Estes fungos produzem toxinas, e a presença de esporos causa uma doença respiratória nos seres humanos denominada febre do feno. Nos animais, problemas respiratórios não são tão intensos, com exceção dos eqüinos, que podem ser acometidos pôr doenças respiratórias e digestivas causadas pôr fungos (COLLINS, 1995). A doença pulmonar crônica obstrutiva e alterações digestivas em eqüinos estão associadas com a presença de fungos em fenos e palhas. Os esporos de fungos, também podem contribuir para o aparecimento de cólica em eqüinos.

A aspiração de esporos do fungo *Aspergillus fumigatus* durante o manuseio dos fenos contaminados, pode causar a febre do feno, e algumas vezes doenças que debilitam o organismo devido ao crescimento dos fungos nos tecidos dos pulmões. Os bovinos, geralmente são menos afetados pela presença de fungos nos fenos do que os eqüinos, contudo eles também estão sujeitos a abortos micóticos e aspergilose (MOSER, 1995).

MEISSER (2001) trabalhando com preservação de fenos com diferentes conteúdos de umidade destacou que naqueles com teores de umidade de 21% a flora microbiana predominante foi representada pôr grupos de *Aspergillus glaucos* e em umidade mais elevadas (28%) outras diversas espécies de *Aspergillus* foram encontradas. Tal fato conduziu a uma rápida deterioração do feno, e o autor destacou que os carboidratos solúveis foram as principais fontes de energia para o desenvolvimento dos microrganismos.

A ocorrência de fungos, nos fenos de grama paulista (*Cynodon dactylon* (L.) Pers), enfardados com diferentes conteúdos de água foi avaliada pôr REIS et al. (1997),

que observaram os gêneros *Cladosporium*, *Curvularia*, *Aspergillus* e *Penicillium* com maior incidência. Todavia, segundo os autores, com o armazenamento durante 30 dias, observou-se diminuição na incidência de *Curvularia* (fungo de campo) e aumento de *Aspergillus* e *Penicillium*, fungos típicos de armazenamento.

Os resultados de trabalhos de pesquisa evidenciam que quando se armazena feno com baixa umidade é pequena a incidência de actinomicetos, bactérias e esporos de fungos. Nos fenos com umidade normal observa-se aumento no número de esporos de fungos, e nos de alta umidade tem-se elevada população de bactérias e de actinomicetos (ROBERTS, 1995).

KASPERSSON et al. (1984) enfardaram feno de gramíneas com 31% de umidade e observaram alterações na população de microrganismos durante 14 dias e registraram rápido aumento na temperatura dos fardos, causando diminuição nas relações bactérias mesofílicas/termofílicas, em virtude do aumento na população das bactérias adaptadas a altas temperaturas. Segundo estes autores é difícil de se avaliar os efeitos isolados da temperatura sobre a população de fungos.

5. Aditivos para conservação de feno

A conservação de feno enfardados com alta umidade, com baixos níveis de perdas no VN pode ser obtida com a utilização de aditivos que controlam o desenvolvimento de microrganismos (REIS e RODRIGUES, 1998, REIS et al., 2001; ROTZ, 1995, MUCK e SHINNERS, 2001).

Uma grande variedade de produtos químicos pode ser aplicada em feno armazenados com alta umidade visando controlar o crescimento de microrganismos, destacando-se a utilização de diacetato de sódio, ácido propiônico, propionato de amônio, uréia e amônia anidra (COLLINS, 1995).

Os produtos químicos podem agir diminuindo a disponibilidade de água e de oxigênio, alterando o pH dos feno ou destruindo ou inibindo o crescimento dos microrganismos.

Os sais podem ser usados com a finalidade de se reduzir a quantidade de água dos feno, enquanto a adição de CO₂ foi pesquisada como forma de reduzir a disponibilidade de O₂, mas esse sistema apresenta dificuldades para aplicação prática.

O ácido propiônico e outros ácidos orgânicos quando aplicados em quantidades apropriadas, controlam o crescimento de fungos como *Aspergillus fumigatus* e de actinomicetos como *Micopolyspora faeni* e de *Thermoamicetos vulgaris*, agentes causadores da febre do feno (COLLINS, 1995). Segundo esse autor produtos químicos a base de ácido propiônico foram eficientes em prevenir o aquecimento e preservar a qualidade dos fenos de alfafa e de capim coast cross armazenados com alta umidade. Ao avaliarem 100 produtos químicos para conservação de fenos, Lacey et al., citados por REIS e RODRIGUES (1998) observaram que 1/3 foi eficiente em prevenir o aquecimento e aparecimento de microrganismos quando aplicados na dose de 0,5% do peso seco da forragem armazenada com 35% de umidade. Segundo esses autores, os aditivos utilizados para conservação do VN de fenos com alto teor de umidade devem apresentar características desejáveis tais como:

- Baixa toxicidade para os mamíferos;
- Efeito sobre fungos, actinomicetos e bactérias;
- Distribuição uniforme nos fardos;
- Baixos níveis de perdas por volatilização;
- Não ser excessivamente absorvido pelo feno;
- Manuseio fácil e seguro;
- Amplo espectro de ação;
- Solúvel em água.

É importante salientar, que estas características foram observadas, principalmente no ácido propiônico parcialmente neutralizado com a amônia.

BARON e GREER (1988) testaram seis produtos químicos para conservar o VN do feno de alfafa armazenado com teor de água variando de 15 a 35%, e observaram que o uso de ácido propiônico (67%) mais amônia anidra (23%) foi eficiente em prevenir o aquecimento e reduzir as perdas na qualidade da forragem enfardada com alta umidade (35%). Segundo esses autores os produtos que diminuíram o pH dos fenos apresentaram maior efeito fungistático. Na mesma linha de pesquisa, BARON e MATHISON (1990) observaram que o ácido propiônico parcialmente neutralizado com amônia, aplicado nas doses de 1,25 a 1,50% da MS dos fenos de alfafa com umidade superior a 25%, não afetou as perdas de MS, apesar de ter controlado a temperatura e a população de microrganismos.

A inibição do crescimento de microrganismos é conseguida através da manutenção de uma concentração mínima de ácido na fração aquosa do feno. Assim, altas doses de ácido propiônico são requeridas para o controle eficiente dos microrganismos nos fenos contendo alta umidade (COLLINS, 1995).

De acordo com Lacey et al., citados por REIS e RODRIGUES (1998), em condições de laboratório o controle de fungos pode ser obtido com a aplicação de 1,25% do produto químico em relação ao peso seco dos fenos. Contudo, no campo esta dose deve ser aumentada para 3,0%. Doses mais altas podem ser requeridas para o tratamento dos fenos no campo, a fim de se contornar os problemas relativos a umidade da forragem, perdas durante a aplicação e manuseio, ou distribuição desuniforme do produto químico. Desta forma, em fenos com 25% de umidade, a dose de ácido propiônico de 3,0% do peso seco, pode ser equivalente a aplicação de 0,75% do peso verde.

MEISSER (2001) observou que o uso de propionato de amônio (equivalente a 64% de ácido propiônico) foi efetivo em preservar a qualidade de fenos. A aplicação de 1:100 equivalentes de ácido propiônico promoveu adequada conservação de fenos com 23% de umidade, porém não foi eficiente quando utilizado para preservar a qualidade de fenos armazenado com 29% de umidade.

Devido ao fato de serem voláteis e corrosivos pode-se aplicar os ácidos orgânicos, parcialmente neutralizados. Os ácidos podem ser neutralizados através da mistura com amônia, ou com outros compostos químico compatíveis, a fim de elevar o pH e assim diminuir os afeitos na corrosão dos equipamentos (ROTZ, 1995). Desta forma, tem-se que os ácidos orgânicos parcialmente neutralizados apresentando pH 6 são menos voláteis e corrosivos do que as soluções contendo apenas ácidos, mas mantêm a eficiência no controle de microrganismos (COLLINS, 1995).

Um estudo foi desenvolvido por JASTER e MOORE (1992) com o propósito de se avaliar a eficiência de ácido sórbico, sorbato de potássio, carbonato de potássio e ácido propiônico na secagem e conservação de feno de alfafa enfardo com 30% de umidade. Esses autores constataram que a adição de baixas ou altas dose de sorbato de potássio no enfardamento não foi eficiente em preservar a qualidade dos fenos. Todavia, a utilização deste produto no momento do corte, decresceu o tempo de secagem em 4 horas e preservou a qualidade da forragem.

A utilização rotineira, de ácidos para o tratamento de fenos pode ser antieconômica, se justificando apenas em situações onde se procura evitar a intensa ocorrência de chuvas durante a secagem no campo (ROTZ, 1995).

Dentre as técnicas utilizadas para a conservação de fenos com alta umidade, destaca-se a amonização, através da amônia anidra ou do uso da uréia como fonte de amônia (REIS e RODRIGUES, 1992; REIS et al., 1997).

A amônia atua no controle de fungos, principalmente através da elevação do pH do meio (REIS e RODRIGUES, 1998). Além de sua ação fungistática, a amônia atua sobre a fração fibrosa da forragem, solubilizando a hemicelulose e aumentando a disponibilidade de substratos prontamente fermentecíveis para os microrganismos do rúmen. Além dos aspectos reportados, é importante ressaltar a incorporação de nitrogênio não protéico na forragem submetida a amonização, resultando em incremento na digestibilidade e consumo de MS (ROTZ, 1995).

Em estudos sobre a aplicação de NH_3 (1,0 e 2,0% da MS) no feno de alfafa enfardado com alta umidade (35%), THORLACIUS e ROBERTSON (1984) observaram que o uso da maior dose de amônia, foi eficiente em prevenir o crescimento de fungos e o aquecimento durante o armazenamento sob lona plástica, e mesmo após a remoção da cobertura, evidenciando que os fenos tratados apresentaram maior estabilidade durante o armazenamento.

Da mesma forma, WOOLFORD e TETLOW (1984) ao tratarem os fenos de azevém (*Lolium perene* L.), enfardado com 20 ou 40% de umidade e tratado com amônia anidra (0,0; 2,0; 4,0; e 8,0% da MS), e armazenado por 56 dias sob lona plástica e 28 em local arejado, registraram que nos fenos tratados a população de leveduras e de fungos foi reduzida em ambos os períodos, enquanto os fenos não tratados se deterioraram (Quadro 5). Esses autores observaram redução nos teores de FDN, elevação nos de PB e na digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica dos fenos tratados com amônia.

REIS e RODRIGUES (1998) relatam que a composição química e a digestibilidade “in vitro” da MS dos fenos dos capins gordura (*Melinis minutiflora* P. de Beauv.) e de braquiária decumbens (*Brachiaria decumbens* Stapf.) amonizados (2,0; 4,0 e 6,0% da MS) foram alteradas durante o período de tratamento sob lona plástica (45 dias), e posteriormente estas mudanças persistiram por 60 dias de armazenamento em condição de aeração.

Quadro 5. População de microrganismos (\log_{10} UFC) de fenos de azevém enfardados com diferentes conteúdos de umidade e tratados com amônia anidra (NH_3).

Umidade (%)	NH_3 (% MS)	Microrganismos Total	Leveduras	Fungos
20	0,0	> 10,2	6,0	5,2
	2,0	8,7	3,2	< 3,7
	4,0	7,2	3,2	< 3,7
	8,0	7,2	3,2	< 3,7
40	0,0	11,6	10,6	10,4
	2,0	9,8	4,0	3,2
	4,0	6,7	3,5	< 3,4
	8,0	6,7	3,7	< 3,4

Fonte: WOOLFORD e TETLOW, 1984

UFC Unidade Formadora de Colônia

Em estudos conduzidos por GROTHEER et al. (1985) com feno de capim bermuda (*Cynodon dactylon* L. Pers) enfardado com alta (34%) e com baixa umidade (25%) verificou-se que a amonização (3,0% da MS) reduziu a população de microrganismos e os teores de FDN e de hemicelulose, bem como aumentou os de PB e a digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS). Em trabalho posterior com a mesma espécie, enfardada com 9,2 e 35% de umidade e tratada com amônia anidra (0,0; 2,0 e 4,0% da MS) durante 1, 3 e 6 semanas, sob lona plástica, GROTHEER et al. (1986), observaram aumento no pH e diminuição na população de fungos nos fenos armazenados com alto conteúdo de água e tratado com NH_3 .

Dados obtidos por BONJARDIM et al. (1992) e por REIS et al. (1993) demonstram que a aplicação de 1,5% de amônia anidra foi eficiente em inibir o desenvolvimento de fungos dos fenos dos capins braquiária decumbens, bem como a média dos valores referentes aos capins estrela (*Cynodon plectostachyus*) e coast cross (Quadro 6).

Quanto a composição química da forragem, BONJARDIM et al. (1992) observaram que a amonização não alterou os teores de FDA e de celulose, mas diminuiu os conteúdos de FDN e de hemicelulose e aumentou os de PB, sendo que esta

alterações resultaram na elevação da DIVMS dos fenos tratados com 1,5 ou 3,0% de NH_3 .

Quadro 6. Desenvolvimento de fungos em fenos de gramíneas tratados com amônia anidra.

Umidade (%)	NH_3 (% MS)	Nº de colônias /g de MS	
		<i>Cynodon</i> ¹	<i>B. decumbens</i> ²
15,0	0,0	$7,5 \times 10^5$	$6,6 \times 10^5$
	1,5	$1,0 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$
	3,0	$2,3 \times 10^2$	$5,0 \times 10^3$
20,0 a 25,0%	0,0	$1,1 \times 10^6$	$9,5 \times 10^5$
	1,5	$5,5 \times 10^1$	$6,7 \times 10^1$
	3,0	$8,1 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$

Fonte: 1. BONJARDIM et al., 1992; 2. REIS et al., 1993.

É importante salientar que bovinos consumindo fenos de alta qualidade tratados com altas doses de NH_3 (3,0% da MS) podem apresentar hipersensibilidade, causando danos ao animal e redução no consumo de forragem (COLLINS, 1995).

Trabalhos de pesquisa indicam que as reações entre a amônia e os açúcares presentes na forragem de alta qualidade resultam na formação de 4-metilimidazol que é o princípio tóxico. A aplicação de amônia anidra em forragens de baixo valor nutritivo não apresenta risco de formação de 4-metilimidazol em função dos baixos conteúdos de açúcares solúveis destes volumosos (ROTZ, 1995; COLLINS, 1995).

Além disto, deve-se considerar que o manuseio da NH_3 requer cuidados especiais, pois o contato deste produto com a pele pode causar queimaduras, e a sua inalação acarreta problemas cardíacos e respiratórios (ROTZ, 1995).

Estudos recentes têm demonstrado a viabilidade de se usar uréia como fonte de amônia para o tratamento de fenos armazenados com alta umidade. O sistema de tratamento é fundamentado no fato, de que a uréia em contato com uma fonte de urease, em um ambiente úmido é hidrolisada, produzindo duas moléculas de amônia e uma de CO_2 (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

SILANIKOVE et al. (1988) observaram que a adição de uréia (3,5% da MS) no feno de green panic (*Panicum maximum* Jacq. var. trichoglume cv. Petrie), armazenado

com 40% de umidade, foi eficiente em prevenir o desenvolvimento de fungos e de leveduras, em decorrência do aumento no pH da forragem (Quadro 7).

Quadro 7. População de microrganismos (N^o/g de amostra) do feno de capim green panic enfardado com alta umidade (40%) e tratado com uréia (3,5% da MS)

Dias de armazenamento	PH	Fungos	Leveduras
0	6,5	1,1 x 10 ¹⁰	2,5 x 10 ¹¹
4	9,8	---	---
20	7,8	1,5 x 10 ¹	5,5 x 10 ⁸

Fonte: SILANIKOVE et al., 1988.

Foram observados aumentos no pH de 6,7 (no dia da aplicação da uréia) para 9,8 (4 dias após o tratamento). Posteriormente, observou-se diminuição para 7,8 (20 dias após o tratamento). Esses autores observaram que após 20 dias de tratamento, 62,7% da uréia foi recuperada no feno na forma de NH₃.

Alhadhrami et al., citados por REIS e RODRIGUES (1998) ao testarem os efeitos da aplicação de uréia (2,0 e 4,0% da MS) no feno de alfafa armazenado com alta umidade (25 a 31%), observaram que a adição de 4% de uréia foi eficiente em controlar o desenvolvimento de fungos.

Em pesquisas sobre o uso de aditivos, REIS et al. (1997) observaram que a incidência de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* diminuiu durante o armazenamento do feno de grama paulista (*Cynodon dactylon*), enfardado com alta umidade e tratado com 0,5 ou 1,0% de amônia anidra em relação a MS. Contudo, o uso de uréia (1,8% da MS) foi eficiente no controle de *Aspergillus*, não afetando a incidência de *Penicillium* durante o armazenamento. Da mesma forma, ROSA et al.(1998a) observaram diminuição na incidência de *Aspergillus* no feno de braquiária decumbens, enfardado com alta umidade e tratado com amônia anidra (1,0% na MS) ou com uréia (0,9; 1,8% na MS).

REIS et al. (1997) observaram que a aplicação de 1,0% de NH₃ ou de 1,8% de uréia não alterou a composição química da fração fibrosa dos fenos armazenados com alta umidade (20-25%), mas promoveu aumento na DIVMS devido a incorporação de NNP.

Em estudo desenvolvido para se avaliar a incidência de fungos nos fenos de alfafa armazenados com baixa umidade ((12 a 13%) e não tratado, e com alta umidade (26 e 35%) e tratado com amônia anidra (1,0% da MS), ou com uréia (0,9 ou 1,8% da MS), FREITAS et al. (1997) observaram a ocorrência de 15 gêneros de fungos nos fenos controle, 11 nos tratados com amônia e 12 nos que recebiam uréia. Esses autores observaram que a aplicação de NH_3 foi mais eficiente no controle de fungos, quando comparada ao uso da uréia. O gênero *Paecilomyces* foi o de maior ocorrência nos fenos avaliados, enquanto os tratamentos com amônia ou com uréia foram eficientes em controlar a população de *Aspergillus* e de *Penicillium*.

A utilização de aditivos microbianos tem sido recomendada para acelerar o abaixamento do pH das silagens através da adição de bactéria homofermentativas que aumentam a produção de ácido láctico. Segundo COLLINS (1995), inoculantes bacterianos podem ser usados para conservar a qualidade de fenos armazenados com alta umidade, contudo a forma de atuação destes aditivos não tem sido claramente definida.

De acordo com ROTZ (1995) inoculantes com poucas cepas de *Lactobacillus* não tem efeito no desenvolvimento de fungos, alterações na cor, aquecimento, perda de MS e mudanças na qualidade de fenos armazenados com alta umidade.

Em trabalho de pesquisa conduzido por Wittenberg e Mosstaggi-Nia, citados por REIS e RODRIGUES (1998) para avaliar fenos de alfafa enfardados com baixa, média e alta umidade, tratados com produtos comerciais contendo bactérias viáveis produtoras de ácido láctico, foi observado que não houve efeito dos tratamentos nas espécies de fungos presentes na forragem.

Esses autores avaliaram a composição química do feno de alfafa enfardado com baixa (15-20%), média (20-25%) e alta umidade (25-30%) sendo os dois últimos tratados com inoculantes comerciais contendo bactérias lácticas viáveis e não viáveis, aplicados no momento do enfardamento ou amonizados. Esses autores observaram que a amonização resultou em aumento na retenção de MS, de PB e de FDN durante o armazenamento, quando comparada à forragem não tratada ou inoculada com bactérias.

De acordo com Wittenberg et al., citado por REIS e RODRIGUES (1998) a análise visual dos fungos, a presença de material estranho, a identificação das espécies de fungos, são de uso limitado na determinação do valor alimentício dos fenos. Os

dados de VN e do valor comercial podem ser melhor determinados através do perfil de nutrientes contidos nos fenos.

5.1. Métodos de aplicação de aditivos

Várias técnicas são disponíveis para a aplicação de produtos químicos, sendo que estas devem ser avaliadas para se determinar a mais eficiente, considerando as condições da fazenda, como disponibilidade de mão de obra e equipamentos.

Os sistemas de aplicação de aditivos são desenvolvidos para atender as seguintes condições:

- Distribuição da quantidade de aditivo uniformemente na forragem;
- Reduzir as perdas de produtos químicos durante a aplicação, proporcionando segurança e bem estar das pessoas que manuseiam os fenos tratados;
- Ser um método de fácil incorporação no sistema de produção de forragem conservada.

Os produtos químicos podem ser aplicados nas diferentes etapas do processo de fenação, destacando-se:

- **Aplicação na planta antes do corte:** A aplicação de aditivos na cultura antes do corte implica em aumento de uma operação no campo, e o uso de aditivos que devem permanecer efetivos durante o armazenamento.
- **Aplicação no momento do corte:** Da mesma forma, o uso de aditivos durante o corte também requer persistência do efeito, mas permite combinar a ação de produtos que promovem a aceleração na taxa de secagem e efeito conservante.
- **Aplicação antes do enfardamento:** A adição de produtos químicos nas leiras, antes do enfardamento tem a vantagem de não interferir na ação da enfardadeira. Nesse sistema, é importante observar o tempo de aplicação do aditivo e enfardamento, principalmente quando se usa produto voláteis, diminuindo assim as perdas.
- **Aplicação durante o enfardamento:** Dos sistemas disponíveis a aplicação durante o enfardamento tem sido o mais utilizado, pois acarreta pequenas alterações no processo tradicional de fenação.
- **Aplicação no armazenamento:** Este sistema evita complicações durante a colheita da forragem e permite tratar o feno por mais de uma vez e assim, corrigir as falhas que podem ocorrer no processo.

A aplicação de gases, como amônia anidra, na fase de armazenamento dos fenos tem se apresentado como uma alternativa adequada em termos práticos (ROTZ, 2001, REIS et al., 2001).

Os procedimentos para a aplicação de amônia são simples, não são caros, podendo ser feito com materiais de fácil aquisição. Há vários métodos para a aplicação de amônia anidra, dependendo da disponibilidade de equipamentos. O método tem como base manter a forragem em contato com a amônia, em condições hermeticamente fechadas durante 4 semanas.

O feno pode ser tratado enfardado, ou triturado, contudo este método demanda maior gasto de plástico para a cobertura da forragem. Uma alternativa interessante é a utilização de silos trincheira, silo tipo poço para a amonização, reduzindo o gasto com plástico.

No tratamento pode-se usar fardos retangulares ou fardos redondos, observando as recomendações da manter a forragem em local hermeticamente fechado.

Os fardos devem ser arranjados para se minimizar custos de material e trabalho, e permitir condições apropriadas para a ação da amônia sobre a forragem. O arranjo dos fardos no solo depende do equipamento disponível, tamanho do plástico, e a quantidade de forragem a ser tratada.

Procedimentos para a aplicação de amônia anidra

- Escolher um local plano, bem drenado, e se possível, próximo das instalações onde os animais receberão o feno tratado. A área onde os fenos serão tratados, deverá ser forrada com plástico, ou ter o piso cimentado. Os silos trincheira, os silos tipo cisterna, ou poço, ou qualquer compartimento que possa ser hermeticamente fechado, podem ser utilizados.
- Para a confecção das pilhas, colocar uma camada de fardos e, a seguir, a tubulação ou vasilhame que receberá a amônia. A tubulação deve ser de cano de PVC de aproximadamente 2 polegadas. O cano de PVC deverá ser perfurado de 30 em 30 cm, tendo os furos o diâmetro de aproximadamente, 0,7 cm.
- Uma das extremidades do cano, deverá ser tampada, e a outra deverá possuir uma redução para permitir a conexão com a mangueira que será acoplada à válvula de saída do botijão de amônia. Geralmente, tem se utilizado mangueira com diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegada.

- Colocar o cano sobre a primeira camada de fardos e continuar a construção da pilha até atingir a altura e a largura desejadas em função da lona de cobertura.
- Após empilhar os fardos (retangulares ou redondos), cobrir com lona plástica (0,6 ou 0,8 mm de espessura), deixando com sobra em todas as laterais e no topo da pilha. Esta folga permitirá expansão do gás nas primeiras horas de tratamento.
- O excesso da lona de cobertura deve ser cuidadosamente enrolado com a lona da base da pilha.
- Fechar muito bem as laterais da lona em contato com o solo, deixando solta apenas a ponta da mangueira que será conectada ao cilindro de amônia. Para tanto, usar sacos com areia ou terra para evitar qualquer vazamento do gás.
- No ponto, de conexão entre a mangueira que sai do cilindro e a que está no interior da pilha, pode ser colocado um registro de PVC, evitando desta forma, perda de amônia no momento de desconectar as mangueiras.
- Verificar a vedação da pilha e proceder à aplicação da amônia. O cilindro de amônia deverá ser colocado na posição horizontal, inclinado ou mesmo de “ponta cabeça” (válvula de saída para baixo) sobre uma balança. Através da pesagem contínua, pode-se aferir com precisão a quantidade de amônia aplicada.
- Na utilização de tanques de amônia anidra de maior capacidade, montados em carretas, ou caminhões, seguir os mesmos procedimentos para a confecção da pilha de fardos. A aferição da quantidade aplicada será feita através da válvula do tanque.
- A abertura do cilindro deve ser feita lentamente verificando-se as conexões, bem como os possíveis pontos de vazamento de amônia.
- A quantidade de amônia a ser aplicada é baseada no peso de matéria de seca da forragem ou simplesmente, no seu peso bruto. Sabendo-se o peso médio dos fardos, o número de fardos, o peso total do material a ser tratado e a dosagem a ser aplicada, calcula-se a quantidade total de amônia a ser aplicada. Para fenos de alta qualidade, armazenados com alta umidade recomenda-se a adição de quantidade equivalente a 1 a 2% do peso seco do volumoso a ser tratado.
- Ao terminar a aplicação, vedar a ponta da mangueira que está dentro da pilha, ou fechar o registro de PVC que foi colocado no ponto de conexão entre as mangueiras e inspecionar todas as laterais da pilha para verificar se existe algum orifício por onde esteja escapando a amônia.

- Após 21 a 30 dias de tratamento, descobrir as pilhas e, 2 a 3 dias depois, iniciar o fornecimento aos animais. É conveniente manter as pilhas protegidas para evitar chuvas.

Medidas de segurança

- As seguintes medidas de segurança são recomendadas para o operador que irá efetuar o engate das mangueiras, a abertura da válvula do botijão e o reparo de quaisquer vazamento:
 - Usar luvas de borracha;
 - Usar óculos de proteção;
 - Usar máscara de gás própria para trabalhar com amônia.
- Manter, próximo ao local do tratamento, água em abundância e sabão, para usar no caso de queimadura da pele, pois a amônia é um produto caústico.
- Durante a aplicação de amônia não fumar nas proximidades do local de tratamento.
- Em caso de **acidentes**, a primeira providência é o afastamento da vítima para local arejado.
- **Olhos:** em caso de irritação dos olhos, lave-os com água corrente durante 15 minutos.
- **Queimadura da pele:** retirar com rapidez as roupas molhadas com amônia e aplique água em abundância. Se possível, lave também com solução de ácido acético a 5%, ou vinagre doméstico.
- **Irritação da garganta e cavidade nasal:** molhe a parte afetada com bastante água (leve aspiração pelo nariz, bochechos e gargarejos). Se o paciente puder engolir, faça-o beber bastante água ou leite. Quando disponível, é preferível tomar grandes quantidades de solução de ácido cítrico a 0,5% ou limonada.

Procedimentos para a aplicação de uréia

- A uréia deve ser aplicada nos fenos de alta qualidade, contendo alta umidade na proporção de 2 a 4% do peso seco do volumosos.
- A uréia deve ser aplicada a granel, ou diluída em pequena quantidade de água para melhor uniformidade da distribuição.
- A solução de uréia deve ser aplicada na forragem antes de enfiar para garantir uniformidade na distribuição.

- Após o enfardamento, o material deve ser empilhado sobre lona plástica e recoberto com outra lona, de tal forma que fique hermeticamente fechado. Podem-se usar silos trincheira, silos cilíndricos do tipo poço e compartimentos fechados para o tratamento.
- Os volumosos tratados devem permanecer em condições fechadas por 3 a 4 semanas no mínimo.
- Após a abertura das pilhas de fardos, permitir a aeração por 2 a 3 dias antes de iniciar o fornecimento aos animais. É conveniente manter a pilha coberta para evitar chuvas.

Procedimentos para a aplicação de hidróxido de amônia

A solução de hidróxido de amônia ou ‘água-amônia’ pode ser aplicada por aspersão sobre o volumoso antes do enfardamento. Todavia, tem-se o inconveniente das perdas de amônia por volatilização. O método desenvolvido nos Estados Unidos consiste em montar pilhas de fardos hermeticamente fechados, tendo no centro um reservatório que receberá a solução de amônia (30% de NH_3). A partir da volatilização da amônia da solução, tem-se o contato da NH_3 com a forragem. A dosagem recomendada é de 3 a 4% do peso seco dos volumosos.

Da mesma forma que nos sistemas descritos anteriormente, os volumosos devem permanecer sob lona plástica durante 3 a 4 semanas. Após a abertura das pilhas (2 a 3 dias), iniciar o fornecimento aos animais. É conveniente manter a pilha coberta para evitar chuvas.

Cálculos das quantidades de aditivos

A rápida desidratação a campo, com baixos níveis de perdas é o objetivo buscado no processo de fenação. Os métodos empregados para acelerar a taxa de secagem podem aumentar os custos referentes a equipamentos, combustível, mão de obra e de produtos químicos. Desta forma, deve-se fazer o balanço entre os benefícios conseguidos com o aumento na taxa de secagem, a diminuição nas perdas e os custos do tratamento, determinando assim, o método mais adequado de fenação a ser utilizado na propriedade.

O uso de aditivos, que controlam o desenvolvimento de fungos, pode ser uma alternativa adequada para a conservação de fenos armazenados com alta umidade. No entanto, as recomendações de tecnologias que possam onerar o custo de produção devem ser analisadas criteriosamente pelos pesquisadores e produtores.

Deve-se considerar, que os custos de aquisição e aplicação dos produtos químicos, não devem ser superiores ao do feno que se perderia, caso não se promovesse o controle do desenvolvimento de fungos.

Cálculo da quantidade de amônia anidra para o tratamento de 1,0 t de feno:

1000 kg de feno com 25% de umidade = 750 kg de MS

Amonização, 2% de NH_3 em relação ao peso seco do feno.

2% de NH_3 x 750 kg de MS = 15 kg de NH_3

Cálculo da quantidade de uréia para o tratamento de 1,0 t de feno:

1000 kg de feno com 25% de umidade = 750 kg de MS

Amonização, 4% de uréia em relação ao peso seco do feno.

4% x 750 kg de MS = 30 kg de uréia

É importante lembrar, que a aplicação de uréia demanda mais mão de obra, uma vez que a solução deve ser distribuída nas camadas de fardo, enquanto a amônia anidra pode ser injetada nas pilhas de fardos, permitindo o tratamento de grande volume de forragem num curto intervalo de tempo. Contudo, o desenvolvimento de sistemas que permitam a aplicação da solução de uréia durante o enfardamento, sem dúvida resultaria em economia de tempo de tratamento de grandes quantidades de fenos.

6. Tratamento químico de fenos de baixo valor nutritivo

Muitas vezes em decorrência de problemas climáticos, ou mesmo para a obtenção de maiores rendimentos em matéria seca os produtores optam por feno as gramíneas forrageiras tropicais no período de outono.

Tal prática, pode resultar em diminuição nas perdas no campo, pois a ocorrência de chuvas nesse período é baixa no Brasil Central. Contudo, o valor nutritivo das forrageiras é baixo, pois estas estão na fase de início de florescimento e, invariavelmente apresentam alta proporção de caule.

De maneira geral os fenos produzidos apresentam altos teores de fibra em detergente neutro (FDN > 60,0%), de fibra em detergente ácido (FDA > 40,0%) e baixos conteúdos de proteína bruta (PB < 6,0%), de minerais e de vitaminas, apresentando também baixos valores de digestibilidade da matéria seca (40,0 a 50,0%) e de consumo voluntário.

A eficiência de utilização desses volumosos pode ser melhorada, quando se permite aos animais o consumo seletivo, suplementação corrigindo a deficiência dos nutrientes ou o uso de tratamentos biológicos, físicos e químicos para a melhoria da qualidade da forragem.

Com a finalidade de melhorar o valor nutritivo dos volumosos, pode-se utilizar o tratamento com produtos oxidantes e também com compostos hidrolíticos, destacando-se a amônia anidra (NH₃) e a uréia como fonte de amônia, dentre outros.

O objetivo do processamento deve ser o de aumentar a aceitabilidade do alimento de alto conteúdo de fibra, elevando assim, o consumo, a taxa e a extensão da digestão e a disponibilidade de nutrientes.

O volumoso processado deve competir, em ambos os aspectos, nutricional e econômico com o alimento convencional para permitir a substituição. Geralmente, o custo do tratamento é que determinará se o volumoso tratado fará parte da dieta. Um problema comum nos sistemas de tratamento de volumosos, é que o custo muitas vezes excede o valor do produto final (REIS et al., 1995a). Assim, nos sistemas de tratamentos de volumosos, os aspectos nutricionais e econômicos, principalmente quando da utilização de produtos químicos, devem ser avaliados.

Os produtos químicos utilizados no tratamento de volumosos podem ser classificados como hidrolíticos ou oxidantes (BERGER et al., 1994). Dentre os produtos hidrolíticos intensamente avaliados, tem-se os hidróxidos de sódio, de potássio, de cálcio, de amônio, a amônia anidra e a uréia como fonte de. Na categoria dos oxidantes, destacam-se as pesquisas com o ozônio, peróxido de hidrogênio e dióxido de enxofre (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

É importante salientar, que nenhum dos produtos químicos empregados atualmente no tratamento de volumosos de baixa qualidade, atende a todas as especificações para máxima eficiência de utilização.

O hidróxido de sódio (NaOH) é um dos produtos químicos mais eficientes no tratamento de volumosos. Todavia, o seu uso tem sido restringido em função dos

problemas de contaminação ambiental, do grande requerimento de água para sua aplicação e do excesso de Na observado na dieta, nas fezes e na urina.

Atualmente, as pesquisas vem sendo desenvolvidas com o propósito de se desenvolver novos métodos de tratamento de volumosos de baixo valor nutritivo, sendo um dos mais promissores a amonização.

A amonização consiste na aplicação de uma fonte de amônia a volumosos, com a finalidade de aumentar ou conservar o seu valor nutritivo. Os primeiros trabalhos sobre o uso da amônia no tratamento de volumosos tiveram início na Alemanha há cerca de 60 anos, encontrando-se relatos na literatura de pesquisas desenvolvidas na Rússia na década de trinta (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

Estudos pioneiros foram conduzidos na Dinamarca, Noruega e Polônia nos anos cinqüenta e sessenta, com o propósito de se encontrar um método eficiente para substituir o tratamento com hidróxido de sódio. Os estudos sobre a amonização tiveram início no Canadá e nos EUA na década de sessenta, enquanto no Brasil estes trabalhos foram iniciados nos anos oitenta (REIS et al., 1995a).

Os dados disponíveis na literatura (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984) evidenciam que o tratamento com amônia é menos eficiente do que o observado com hidróxido de sódio. No entanto, a amonização apresenta as seguintes vantagens: não causa poluição ambiental, facilidade de aplicação em grande quantidade de volumosos, fonte de nutrientes para os animais, efeito fungistático permitindo a conservação de produtos com umidade elevada e de plantas invasoras de culturas.

A utilização de uréia como fonte de amônia, tem como princípio, o fato de que esta, sob ação da urease, proveniente da planta ou dos microrganismos, é hidrolisada produzindo NH_3 , o qual reage com a fração fibrosa dos volumosos.

O uso da uréia como fonte de amônia é um método seguro e de baixo custo, para o tratamento de volumosos, e implica em duas condições básicas:

- A uréia adicionada deve ser hidrolisada;
- O pH da forragem deve ser aumentado suficientemente para permitir o rompimento das ligações do tipo éster entre a lignina e os carboidratos estruturais.

Segundo SUNDSTOL e COXWORTH (1984) a aplicação da uréia tem sido desenvolvida em duas situações principais:

- Em processamento industrial de forragens, combinando moagem e peletização;
- Em fazendas, pela mistura de soluções de uréia com as forragens por um tempo suficiente para que a enzima urease possa desdobrá-la e formar amônia.

A aplicação de uréia como fonte de amônia para o tratamento de forragem, tem como vantagem em relação a amônia anidra, a sua disponibilidade, baixo custo e facilidade de manuseio, contudo apresenta como maior limitação para o uso, a dificuldade em transformá-la em amônia.

A hidrólise da uréia pode ocorrer pela atuação da urease da planta ou das bactérias ureolíticas, e a intensidade de transformação da uréia em amônia está estreitamente associada com o conteúdo de umidade da forragem tratada, da quantidade de uréia aplicada, da temperatura ambiente, do período de tratamento e da anaerobiose das pilhas de fardos (BERGER et al., 1994). Da mesma forma, a atividade da urease é afetada pelo produto, ou seja, a concentração de NH_3 no ambiente, pelo substrato (uréia) e também pelo pH

Pesquisas desenvolvidas sobre o tratamento de volumosos com uréia, evidenciam a importância do conteúdo de umidade da forragem no processo de hidrólise. A principal limitação da utilização da uréia como fonte de amônia é a necessidade da adição de água aos volumosos para atingir valores de 60 a 70% de MS e garantir a atividade da urease.

O período de tratamento é de suma importância para a hidrólise da uréia. Neste sentido, ao avaliarem o feno de green panic (*Panicum maximum* Jacq, var. trichoglume) tratado com 3,1% de uréia, SILANIKOVE et al.(1988) observaram que após 20 dias de tratamento 2/3 da uréia foi retida na forragem na forma de N amoniacal.

Para assegurar a hidrólise da uréia, vários pesquisadores tem usado fontes exógenas de urease. Contudo, esses autores tem concluído que após um período prolongado de tratamento, a quantidade de uréia não hidrolisada nas amostras sem urease extra foi mínima. Em alguns casos, a forragem contém suficiente quantidade de enzima, entretanto, em determinadas situações a mesma deve ser adicionada (BERGER et al.,1994).

A adição de uma fonte externa de urease não tem se mostrado eficiente, todavia esta técnica se justificaria com a finalidade de se reduzir o tempo de tratamento, bem como a quantidade de água utilizada.

6.1 Alterações na composição química da fração fibrosa de volumosos submetidos a amonização

O tratamento com amônia promove alterações acentuadas na composição química dos volumosos, principalmente nos componentes da fração fibrosa e nos compostos nitrogenados. A maneira como a amônia reage com a fração fibrosa dos volumosos vem sendo pesquisada, e duas reações tem sido propostas para explicar o processo, a amoniólise e a hidrólise alcalina.

A hidrólise alcalina ocorre devido a formação de uma base fraca, o hidróxido de amônia (NH_4OH), em função da afinidade da NH_3 pela água contida na forragem, resultando na elevação do pH. Assim, ocorre a hidrólise alcalina das ligações do tipo éster, existentes entre a lignina e os carboidratos estruturais (alto (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

É importante considerar, que em função do baixo conteúdo de água dos volumosos a serem tratados (fenos, resíduos de culturas, gramíneas forrageiras colhidas após o florescimento), a hidrólise alcalina tem menor participação no processo de amonização, quando se usa NH_3 . Todavia, o pH da forragem tratada tende a se elevar em função da formação de NH_4OH , principalmente quando o conteúdo de água do volumoso é alto (BERGR et al., 1994; REIS et al., 1995a).

Ao avaliarem os fenos de coastal bermuda (*Cynodon dactylon*), armazenado com 65% de MS, não tratados e tratados com NH_3 (4% da MS), GROTHEER et al. (1986) observaram valores de pH iguais a 7,8 e 9,2, respectivamente.

Estudos conduzidos com a aplicação de uréia como fonte de amônia, evidenciam elevação nos valores de pH em resposta a formação de hidróxido de amônia. SILANIKOVE et al. (1988) registraram valores de pH de 9,0, no feno de green panic, quatro dias após a aplicação de uréia (3,1% da MS), e aos 20 dias de armazenamento o valor de pH diminuiu para 7,8.

A ação dos produtos alcalinos sobre a estrutura da fibra dos volumosos, inclui a solubilização da hemicelulose e da lignina sem contudo alterar os conteúdos de celulose, sendo tal fato devido a elevação do pH.

Alguma porção da lignina e da sílica pode ser dissolvida durante o tratamento alcalino, e as ligações intermoleculares do tipo éster entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose são também rompidas (BERGER et al., 1994).

Inúmeros são os fatores que interferem na eficiência das reações químicas que ocorrem entre a fração fibrosa dos volumosos tratados e a amônia. Dentre estes fatores, destacam-se como sendo os de maior importância: a quantidade de amônia adicionada, a temperatura da forragem durante o tratamento, o conteúdo de umidade do volumoso, o período de tratamento e as características químicas dos volumosos.

A aplicação de amônia anidra nas quantidades de 3 a 4% da MS, apresenta maior eficiência no tratamento de volumosos. O emprego de mais de 4% de NH_3 pode resultar em diminuição na eficiência do tratamento, principalmente devido a menor retenção do nitrogênio aplicado (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984; REIS et al., 1995a). Por outro lado, quando se usa a uréia como fonte de amônia, as quantidades que proporcionam maiores alterações no valor nutritivo estão entre 4,0 e 8,0% da MS (ROSA et al., 1998b).

Um fato bem estudado é a interação que ocorre entre o período de tratamento e a temperatura ambiente. Em temperaturas superiores a 21°C , o período de tratamento pode ser de 7 dias, enquanto que, a 5°C , este período deve ser prolongado por mais de 28 dias (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

De maneira geral, as respostas a amonização estão relacionadas às características químicas das plantas, observando-se que as alterações no valor nutritivo de volumosos tratados são mais acentuadas naqueles de baixa qualidade. Todavia, algumas características químicas, como o índice de saponificação e o poder tampão exercem influência acentuada sobre as respostas ao tratamento (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

A determinação da capacidade tampão dos volumosos permite quantificar as respostas destes ao tratamento com alcalis, pois pode-se determinar a quantidade de produto químico necessária para se alterar o pH, e assim, promover as alterações na estrutura da fração fibrosa.

Conquanto se considere os efeitos dos compostos fenólicos em inibir a atividade das bactérias celulolíticas, torna-se relevante a importância da amonização, reduzindo a concentração destes fatores anti-nutricionais na forragem (BERGER et al., 1994).

Sem dúvida, uma das principais alterações na composição química da fração fibrosa de volumosos tratados com amônia é a solubilização da hemicelulose, resultando em diminuição no conteúdo de FDN (REIS et al., 1995a).

Os dados de estudos que pesquisaram os efeitos da amonização sobre os conteúdos de FDA, de celulose e de lignina, não são consistentes (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984; REIS et al., 1995a). A análise desses estudos, mostra aumento nos teores de FDA e de celulose nos volumosos tratados com NH_3 . Tal fato, pode ser explicado pela elevação proporcional nesses valores, em função da solubilização da hemicelulose, considerando que os resultados são expressos em termos percentuais. Por outro lado, alguns trabalhos têm mostrado decréscimo no conteúdo de lignina em resposta ao aumento no pH, ocorrendo assim, a solubilização desses compostos .

6.2. Efeitos da amonização sobre o conteúdo de compostos nitrogenados de volumosos.

Sem dúvida, o resultado mais consistente observado nas pesquisas sobre a amonização de volumosos é a elevação nos teores dos compostos nitrogenados, sendo tal fato devido ao conteúdo de N dos produtos usados, pois a NH_3 possui 82,0% de N, a água amônia 25,0 a 30,0% de N e a uréia, 46,5% de N.

A determinação da forma como o nitrogênio foi incorporado a forragem é de suma importância na avaliação do valor nutritivo dos volumosos tratados com amônia. De maneira geral, com a amonização observa-se elevação de 0,8 a 1,0 unidade percentual no conteúdo de N dos volumosos, correspondendo a 5,0 a 6,0 unidades de proteína bruta (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984; BERGER et al., 1994).

Deve-se considerar, que nos volumosos tratados com fontes de amônia o N pode ser retido sob diferentes formas, sendo as mais importantes em termos nutricionais, o N solúvel em água, o N amoniacal (N-NH_3), o N retido na fração insolúvel em detergente neutro (NIDN), e o N retido na fração insolúvel em detergente ácido (NIDA).

A importância do conhecimento dos teores de NIDA dos alimentos baseia-se no fato de que os compostos nitrogenados presentes nesta forma são indisponíveis para o

animal. Estudos conduzidos com gramíneas tropicais, mostraram aumento nos teores de nitrogênio total (NT) e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em resposta a amonização (REIS et al., 1995a).

A retenção do N aplicado varia, em função da quantidade de amônia adicionada, sendo registrados maiores valores com o uso de doses menores de NH_3 (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

Além disto, volumosos com maior umidade (25 a 30%) têm maior capacidade de retenção do N aplicado. De maneira geral, 50% do N adicionado no processo de amonização, é efetivamente fornecido aos animais. Contudo, é necessário realizar a aeração do volumosos tratados, durante dois a três dias, a fim de ocorrer a volatilização da amônia que não reagiu com a fração fibrosa, diminuindo a rejeição dos animais, em função do odor.

Os dados de ROSA et al. (1998b) mostram valores de retenção do N aplicado de 50,8 e 53,6%, respectivamente para os fenos tratados com amônia anidra e uréia. Em relação ao N fixado, pode-se observar que 41,6 e 41,4% estavam na fração nitrogênio amoniacal (N-NH_3) e 73,6 e 81,2% na de nitrogênio solúvel em água ou NNP, valores referentes aos fenos tratados com amônia anidra e uréia.

A eficiência de utilização do N incorporado durante a amonização, depende de fatores tais como: conteúdo de N total do volumoso tratado, velocidade de liberação do N, forma como o N foi retido na forragem, quantidade de energia disponível no rúmen e da disponibilidade de proteína na dieta.

Os resultados de trabalhos de pesquisa, demonstram que o N incorporado pelo processo de amonização tem o mesmo efeito daquele de outras fontes de NNP para os microrganismos. Todavia, há controvérsias sobre a eficiência de aproveitamento do N incorporado pela amonização (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984). A quantidade de N requerido pela microflora ruminal está relacionada ao conteúdo de energia potencialmente disponível. Embora, nos volumosos de baixa qualidade o conteúdo de N seja limitado, este pode ser adequado, devido a pequena fermentabilidade da MS.

Pode-se admitir, que a eficiência de utilização do N adicionado pelo processo de amonização depende do método de aplicação. Deve-se considerar que no processo de termo-amonização, utilizando forragens com alto conteúdo de açúcares solúveis, pode ocorrer a formação de compostos solúveis, mas de baixa digestibilidade. Todavia, nos sistemas de tratamento à temperatura ambiente e usando volumosos de baixa qualidade,

estes problemas são mínimos (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984; BERGER et al., 1994).

6.3. Efeitos da amonização sobre a qualidade de volumosos.

O valor nutritivo de uma planta forrageira esta relacionado a sua composição química, a digestibilidade, a natureza dos produtos da digestão e ao consumo voluntário.

O tratamento químico de volumosos de baixo valor nutritivo, resulta em elevação na digestibilidade da celulose e da hemicelulose, em razão da expansão das moléculas de celulose, devido ao rompimento das pontes de hidrogênio, e aumento da hidratação da fibra, permitindo o rápido acesso dos microrganismos o que resulta, conseqüentemente, numa maior digestibilidade (BERGER et al., 1994).

Conquanto se admita que a amonização promove alterações na composição química da fração fibrosa, resultando em elevação no conteúdo de carboidratos prontamente fermentecíveis, bem como nos teores de NT, é de se esperar que o tratamento resulte em acréscimo na digestibilidade e no consumo dos volumosos tratados. Os trabalhos com volumosos submetidos a amonização, mostram que pode ocorrer aumento de 8,0 a 12,0 unidades percentuais na digestibilidade da matéria seca (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

Ao desenvolverem ensaios de digestibilidade com caprinos, para avaliar os efeitos da amonização (amônia anidra ou uréia) do feno de capim braquiária decumbens colhido após a maturação das sementes, ROSA et al. (1998b) observaram aumento na digestibilidade da MS, da matéria orgânica, da PB, dos componentes da fração fibrosa e da energia bruta, no consumo e índice de valor nutritivo, em resposta aos tratamentos.

Nos estudos desenvolvidos para se avaliar o uso de suplementos protéicos em dietas a base de volumosos tratados com amônia, têm-se observado que se a proteína é de baixa solubilidade no rúmen, melhores respostas podem ser observadas com menores quantidades de concentrados utilizados (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984).

Em amplo trabalho de revisão, BERGER et al. (1994) relatam que em 21 pesquisas usando resíduos de culturas tratados com amônia, houve aumento no consumo de MS de 22%. Seis trabalhos usando gramíneas tratadas com amônia mostraram aumento de 14% no consumo. Com relação à digestibilidade, 32 estudos sobre resíduos culturais amonizados indicaram aumento de 15% na digestibilidade da MS como resultado do tratamento com amônia e 10 pesquisas com gramíneas apresentaram

aumento de 16%. Em cinco estudos, onde a uréia foi utilizada como fonte de amônia anidra, o tratamento aumentou o consumo de MS em média de 13% e em sete trabalhos revisados, o tratamento com a uréia resultou em aumento de 22% na digestibilidade da MS.

É importante considerar que, além das alterações na composição química das frações fibrosa e nitrogenada, bem como na digestibilidade, a amonização acarreta alterações físicas nos volumosos, tornando-os mais macios e flexíveis, o que influencia positivamente o consumo voluntário.

No Quadro 8, estão relacionados dados referentes ao ganho de peso de novilhos alimentados com volumosos submetidos ou não a amonização, e suplementados com fontes protéico-energéticas. A análise dos dados evidencia que a adição de amônia anidra aumentou sensivelmente o ganho de peso dos animais, mesmo sem o uso de concentrados (MOORE et al., 1981; NELSON et al., 1985).

Quadro 8. Ganho de peso (kg/dia) de novilhos alimentados com volumosos submetidos a amonização.

Volumosos	Doses de NH ₃ aplicadas (% da MS)		
	0,0	3,0	4,0
Feno de capim-estrela ³	0,14	----	0,41
Palha de trigo ²	0,15	----	0,24
Feno de <i>Dactylis glomerata</i> ¹	0,16	0,37	----
Feno de <i>Dactylis glomerata</i> + concentrado ¹	0,53	0,69	----
Palha de arroz + concentrado ⁴	0,76	1,10	----
Feno de <i>Brachiaria brizantha</i> + concentrado ⁵	0,50	0,60	----
Palha de arroz + concentrado ⁵	0,34	0,71	----

1- MOORE et al., 1981; 2- NELSON et al., 1985; 3- BROWN, 1989; 4- GARCIA et al., 1988; 5- REIS et al., 1995b

A utilização de volumosos tratados com amônia e suplementados com fonte energética proporcionou aos animais ganhos de peso semelhantes aos obtidos com o fornecimento de suplemento protéico-energético adicionado ao forragem não tratada (MOORE et al., 1981). O valor alimentício de volumosos tratados com amônia assemelha-se aos de fenos de média qualidade (55,0% de NDT), sendo a sua principal limitação a deficiência em energia. Ademais, os volumosos tratados com NH₃ podem ser usados em programas de engorda intensiva de bovinos, juntamente com o

fornecimento de 3,0 a 4,0 kg de concentrado/dia, permitindo ganho de peso de 1,0 a 1,2 kg/dia (SUNDSTOL e COXWORTH, 1984). O aumento no desempenho de animais ocorre quando os volumosos tratados com amônia compõem mais de 50% da dieta.

REIS et al. (1995b) observaram ganho de peso de 0,6 kg/dia, quando os novilhos recebiam palha de arroz tratada com NH_3 e 1,5 kg de fubá de milho (Mi), e de 0,5 kg/dia nos animais que recebiam palha não tratada e 0,64 kg de Mi e 0,96 kg/dia de farelo de algodão (FA) por dia. Os novilhos que recebiam feno de braquiária brizantha tratado com NH_3 , 0,84 kg de Mi e 0,36 kg e FA por dia ganharam 0,71 kg, enquanto os animais alimentado com feno não tratado e 0,64 kg de Mi e 0,96 kg de FA ganharam 0,34 kg/dia. Os autores observaram que as alterações na composição química dos volumosos tratados resultaram em aumento na digestibilidade e no consumo de matéria seca o que proporcionou os maiores ganhos de peso dos animais. É importante observar nesse estudo, que a utilização dos volumosos tratados resultou em economia de concentrado protéico. Na alimentação dos animais que recebiam palha tratada, pode-se economizar 0,96 kg de FA/dia, enquanto naqueles alimentados com feno, 0,60 kg/dia.

Considerando os custos dos alimentos, o ganho de peso dos animais e o preço da arroba, os autores observaram maior retorno econômico com a utilização do feno tratado comparado ao uso de palha de arroz.

Ao avaliarem a qualidade do feno de braquiária decumbens submetido a amonização, FERNANDES et al. (2001) observaram consumo de MS de 1,97; 2,23 e 1,9% do PV e ganho de peso de 0,60; 0,53 e de 0,39 kg/dia, respectivamente para os novilhos nelore alimentados com feno não tratado suplementado com farelo de soja, feno tratado com amônia anidra (3% da MS) suplementado com milho e feno tratado com uréia (5% da MS) e suplementado com milho. Os autores relataram que o baixo desempenho dos animais alimentados com feno tratado com uréia foi devido a ineficiência do produto químico em alterar a composição química da fração fibrosa da forragem.

7. Considerações gerais

A prática de se realizar cortes das forrageiras de clima tropical nos períodos de menor ocorrência de chuvas, como no outono, ou mesmo quando se pretende obter maiores produções de matéria seca (MS), pode resultar em fenos de menor valor nutritivo, em função do estágio de desenvolvimento destas plantas.

O cultivo de forrageiras produtivas e de elevado valor nutritivo e que apresentem características adequadas para rápida desidratação a campo, sem dúvida permitem a obtenção de fenos de alta qualidade. As perdas durante a secagem no campo podem ser diminuídas através da utilização de equipamentos compatíveis com as forrageiras a serem fenadas ou quando se enfarda a forragem com alta umidade. Contudo, esta última prática propicia deterioração dos fenos durante o armazenamento em decorrência do desenvolvimento de fungos.

Na escolha dos métodos de controle do desenvolvimento de microrganismos nos fenos, deve-se considerar o custo do produto, bem como a facilidade de aplicação em grandes quantidades de forragem.

A utilização de amônia, principalmente através da hidrólise da uréia, pode ser uma alternativa viável para as condições do Brasil. Numerosas pesquisas sobre a utilização da uréia na alimentação de ruminantes, podem orientar a sua utilização. Desta forma, as pesquisas devem ser orientadas no sentido de se avaliar métodos de aplicação, doses de uréia, período de tratamento e os efeitos na qualidade e no desenvolvimento de microrganismos nos fenos armazenados com alta umidade.

No mercado brasileiro existem produtos a base de ácidos tamponados que tem potencial para conservar a qualidade de fenos armazenados com alta umidade. Contudo, aspectos como custo, sistema de aplicação, corrosão do equipamento e riscos no manuseio devem ser considerados para sua utilização.

Ademais, estudos devem ser desenvolvidos com animais a fim de se determinar o valor nutritivo dos fenos tratados, bem como estabelecer dose seguras de utilização dos produtos químicos.

A utilização eficiente dos fenos de baixo valor nutritivo obtidos em decorrência de perdas na secagem ou no armazenamento, ou daqueles produzidos com forrageiras colhidas no estágio de desenvolvimento avançado requer a suplementação com os nutrientes deficientes.

A utilização de tratamentos químicos, a despeito de seus efeitos comprovados em melhorar o valor alimentício da forragem devem ser avaliados em relação aos aspectos econômicos e práticos.

Para a utilização de tratamentos químicos é de suma importância avaliar os aspectos como facilidade de aquisição e aplicação do produto, necessidade de equipamentos, riscos no manuseio e custos de aplicação. Além disto, deve-se observar

os riscos relativos a contaminação ambiental e também os efeitos destes produtos químicos sobre o animal, bem como em relação ao consumidor final.

As práticas de manejo, como escolha da espécie forrageira, a adoção de manejo compatível com a espécie, o uso de equipamentos adequados, associado a informações meteorológicas seguras, podem garantir a obtenção de fenos de alta qualidade, dispensando o uso de tratamentos químicos que muitas vezes oneram o custo de produção diminuindo a já estreita margem de lucro do pecuarista.

8. Literatura consultada

- ALCÂNTARA, P.B., OTSUK, I.P., OLIVEIRA, A.A.D. et al. 1999 Aptidão de algumas espécies de forragens para a produção de feno em função da velocidade de secagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia,. CD –ROM.
- BARON, V.S., MATHISON, G.W. 1990 Yield, quality and preservation of moist hay subjected to rain-free and weathered conditions. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa. v. 70, n. 2, p. 611-622.
- BARON, V.S.; GREER, G.G. 1988. Comparison of six commercial hay preservatives under simulated storage conditions. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa. v.68, n.4, p.1195-1207.
- BERGER, L.L., FAHEY JR., G.C., BOURQUIM, L.O et al. 1994. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY JR. et al. (ed.). **Forage quality, evaluation e utilization**. Madison: American Society of Agronomy. p.922-966.
- BONJARDIM, S.R.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R. de A.; PEREIRA, J.R.A. 1992. Avaliação da qualidade dos fenos de gramíneas tropicais armazenados com diferentes níveis de umidade e tratados com amônia. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa. v.21,n.5, p. 866-873.
- BROWN, W.F. 1989. Maturity and ammoniated effects on the feeding value of tropical grasses hay. **J. Anim. Sci.**, Champaign. v.66, n.9, p.2224-2232.
- COBLENTZ, W.K., FRITZ, J.O., BOLSEN, K.K. et al. 1997. Relating sugar fluxes during bale storage to quality changes in alfalfa hay. **Agron. J.**, Madison, 89(5): 800-807.

- COBLENTZ, W.K., TURNER, J.E., SCARBROUGH, D.A. et al. 2000. Storage characteristics and nutritive value changes in bermudagrass hay as affected by moisture content and density of rectangular bales. **Crop Sci.** Madison, 40(5): 1375-1383.
- COLLINS, M. Hay preservation effects on yield and quality. 1995. In: **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p.67-89.
- COSTA, J.L.; GOMIDE, J.A. 1991. Drying rates of tropical grasses. **Trop. Grassl.**, Brisbane. v.25, n.4. p. 325-332.
- FERNANDES, L. O.; REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. 2001. **Quality of ammoniated Brachiaria decumbens hay** In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS , 2001, São Pedro Proceedings of the International Grassland Congress, Piracicaba FEALQ. p. 779-780
- FERRARI JUNIOR, E. F; RODRIGUES, L. R. de A.; REIS, R.A.; COAN, O.; SCHAMMAS, E.A. 1993. Avaliação do capim coast cross para produção de feno em diferentes idades e níveis de adubação de reposição. **B. Industr. Anim.**, Nova Odessa. v.50, n.2, p.137-145.
- FREITAS, D., REIS, R.A., PEREIRA, J.R.A. et al. Avaliação de aditivos para a conservação do feno de alfafa. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 34, Anais..., Juiz de Fora, 1997. Lizieire et al. (ed.) Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora. 1997. p.357-359.
- GARCIA, R., OLIVEIRA, L.A.V., FONTES, C.A.A., QUEIROZ, A.C., PEIXOTO, I.A. Utilização do feno de palha de arroz tratado com amônia anidra na alimentação de bovinos em confinamento. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 25. Viçosa. 1988. P.206.
- GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W. et al. 1986. Effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on nutritional and preservatory characteristics of dry and high-moisture coastal bermudagrass hay. **Anim. Feed Sci. And Technol.**, Amsterdam. v. 14, n. 1-2, p. 55-65.
- GROTHER, M.D., CROSS, D.L., GRIMES, L.W. et al. 1985. Effect of moisture level and injection of ammonia on nutrient quality and preservation of cost coastal bermudagrass hay. **J. Anim Sci.**, Amsterdam. v. 61, n. 6, p. 1370-1377.

- HINTZ, H.W., KOEGEL, R.G., KRAUS, T.J. et al. 1999. Mechanical maceration of alfalfa. **J. Anim. Sci.**, Champaign, v. 77, n. 1, p. 187-193.
- HLODVERSSON, R.; KASPERSSON, A. 1986. Nutrient losses during deterioration of hay in relation to changes in biochemical composition and microbial growth. **Anim. Feed Sci. and Technol.**, Amsterdam. v.15, n.2, p.149-165.
- JASTER, E.H., MOORE, K.J. 1992. Hay desiccation and preservation with potassium sorbate, potassium carbonate, sorbic acid and propionic acid. **Anim. Feed Sci and Technol.**, Amsterdam. v. 38, n. 1, p. 175-186.
- KASPERSSON, A., HLODVERSSON, R.PALMGREN, U. et al. 1984. Microbial and biochemical changes occurring during deterioration of hay and preservative effect of urea. **Swedish J. Agric. Res.**, Stockholm. v. 14, n. 1, p. 127-133.
- MAcDONALD, A.D., CLARK, E.A. 1987. Water and quality loss during field drying of hay. **Adv. in Agron.**, Madison. v.41, p. 407-437.
- MANEGATTI, D.P., ROCHA, G.P., PAIVA, M.J.A. et al. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca e o valor nutritivo dos capins coast-cross, tifton 68 e tifton 85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD –ROM.
- McBETH, L.J., COFFEY, K.P., COMBLENTZ, W.K., et al. 2001. Impact of heating-degree accumulation during bermudagrass hay storage on nutrient utilization by lambs. **J. Anim. Sci.** v. 79, n. 10: 2698-2703.
- MEISSER, M. Konservierung von feuchtheu. *Agrarforschung*, 8(2), 2001. Disponível em: <<http://gateway.ovid.com/ovidtest>>. Acesso em: 10 set. 2001.
- MINSON, D.J. 1990. **Forage in ruminant nutrition**. New York. Academic Press. 483p.
- MOREIRA, A.L., PEREIRA, O.G., GARCIA, R., et al. 2001. Produção de leite, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, pH e concentração de amônia ruminal em vacas lactantes recebendo rações contendo silagem de milho e fenos de alfalfa e de capim coast-cross. **Rev. Soc. Bras. Zoot.** 30(3): 1089-1098. (Suplemento 1).
- MOSER, L.E. 1980. Quality of forages as affected by post-harvest storage and processing. In: **Crop quality storage, and utilization**. ASA, CSSA. Madison, Wisconsin. p.227-260.

- MOSER, L.E. 1995. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p. 1-19.
- MUCK, R.E., SHINNERS, K.J. 2001. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: International Grassland Congress, XIX. 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p.753-762.
- NELSON, M.L., RUSH, I.G., KLOPFENSTEIN, T.J. 1985. Protein supplementation of ammoniated roughage. II. Wheat straw supplemented with alfalfa, blood meal or soybean meal fed to wintering steers. **J. Anim. Sci.**, Champaign. v.61, n.1, p.245-251.
- OLIVEIRA, M.A., PEREIRA, O.G., HUAMAN, C.A.M. et al. 2000. características morfogênicas e estruturais do Capim Bermuda "Tifton 85" (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, Viçosa, 29(6): 1939-1948.
- RAYMOND, F., SHEPPERSON, G., WALTHAM, R. 1991. **Forage Conservation and Feeding**. Farming Press Limited. Wharfedale Road Ipswich, Suffolk. 3° ed. 208 p.
- REES, D.V.H. 1982. A discussion of sources of dry matter loss during the process of haymaking. **J. Agric. Eng. Res.**, London. v.27, n.4, p.469-479.
- REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; PEDREIRA, M. S. 2001. **Técnicas para produção e conservação de fenos de alta qualidade** Organizado por: Cloves Cabrera Jobim; Geraldo Tadeu dos Santos; Júlio César Dasmaceno; Ulysses Cecato Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas:ed. 01 ed., Maringá:, Universidade Estadual de Maringá. p. 1-39
- REIS, R.A., PANIZZI, R.C., ROSA, B. et al. 1997. Efeitos da amonização na ocorrência de fungos, composição química e digestibilidade in vitro de fenos de grama seda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). **Rev. Bras. Zoot.**, Viçosa. v. 26, n.3, p. 454-460.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R. de A., Aditivos para a produção de fenos. In: Moura, A.S.A.M.T. et al. (eds). Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35. Botucatu-SP, 1998. **Anais...**, Botucatu:SBZ. 1998. P. 109-152.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. e PEREIRA, J.R.A. 1995a. Sementes de gramíneas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6. Moura, J.C., et al. (eds.), Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba:FEALQ. p.259-280.

- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R. de A. 1992. Uso de conservantes em fenos com alto teor de umidade. In: **Semana de Zootecnia. A interação, solos, pastagens e nutrição animal**. XIV. Anais..., Fukushima, R. (ed.). Fundação Cargill. Pirassununga. p.77-89.
- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R. de A.; NAHAS, E.; BONJARDIM, S.R.; PEREIRA, J.R.A. 1993. Amonização do feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes níveis de umidade. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília. v.28, n.4, p.539-543.
- REIS, R.A.; ANDRADE, P.; RODRIGUES, L.R. de A.; PEDROSO, P. 1995b. Palha de arroz e feno de braquiária brizantha amonizados e suplementados com energia ou proteína na alimentação de bovinos. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa. v.24, n.5. p. 711-801.
- RIBEIRO, K.G., PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C. et al. 2001. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim tifton-85 de diferentes idades de rebrota. **Rev. Soc. Bras. Zoot.** 30 (2): 589-595.
- ROBERTS, C.A. 1995. Microbiology of stored forages. In: **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p. 21-38.
- ROSA, B., REIS, R.A., PANIZZI, R. de C., MESQUITA, A.J., JOBIM, C.C. 1998a. Preservação do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa. v. 4, n.4. p. 691-694.
- ROSA, B., REIS, R.A., RESENDE, K.T. et al. 1998b. Valor nutritivo dos fenos de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. **Rev. Soc. Bras. Zoot.**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 815-822.
- ROTZ, C.A. Mechanization: Planning and selection of equipment. In: International Grassland Congress, XIX. 2001. São Pedro. **Proceedings...**Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. p. 763-768.
- ROTZ,C.A. 1995. Field curing of forages. In: **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Moore, K.J., Kral, D.M., Viney, M.K. (eds). American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin. p. 39-66.

- SANDERSON, M.A., WEDIN, W.F. 1989. Nitrogen concentrations in the cell wall and lignocellulose of smooth brome grass herbage. **Grass and Forage Sci.** 44(2): 151-158.
- SILANIKOVE, N., COHEN, O., LEVANON, D. et al. 1988. Preservative and storage of green panic (*Panicum maximum*) as moist hay with urea. **Anim Feed Sci. And Technol.**, Amsterdam. v. 20, n. 2, p. 87-96.
- SULLIVAN, J.T. 1973. Drying and storing herbage as hay. In: BUTLER, G.W., BAILEY, R.W. **Chemistry and biochemistry of herbage**. Vol. 3. London: Academic Press. 295p. 1-31.
- SUNDSTOL, F., COXWORTH, E.M. 1984. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F. e OWEN, E. **Straw and others fibrous by-products as feed**. Amsterdam: Elsevier Press. p.196-247.
- THORLACIUS, S.O., ROBERTSON, J.A. 1984. Effectiveness of anhydrous ammonia as a preservative for high-moisture hay. **Can. J. Anim. Sci.**, Ottawa. v.64, n. 4, p.867-880.
- WALDO, D.R., JORGENSEN, N.A. 1981. Forages for high animal production: Nutritional factors and effects of conservation. **J. Dairy Sci.** 64: 1207-1229.
- WOOLFORD, M.K.; TETLOW, R.W. 1984. The effect of anhydrous ammonia and moisture content on this preservation and chemical composition of perennial ryegrass hay. **Anim. Feed Sci. and Technol.**, Amsterdam. v.11, n.3, p. 159-166.