

FENO E FENAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A conservação e o armazenamento de forragens são atividades prioritárias de um sistema de produção de bovinos. O propósito da fenação é obter uma forragem desidratada de alta qualidade. Qualidade é a combinação das propriedades química, física e biológica que afetam o consumo, digestão e utilização da forragem.

Para produzir um feno de alta qualidade pelo menos duas condições são necessárias: a forragem a ser cortada deve ser de boa qualidade e a secagem deve ser feita com um mínimo de perda de nutrientes, que se consegue com uma secagem rápida que leva a planta à sua inatividade.

O processo de fenação envolve remoção de grande quantidade de água da planta. De um modo geral uma forrageira durante a fase de crescimento vegetativo, em condições normais de umidade no solo, apresenta 75 a 85% de água (15 a 25% de matéria seca), durante a fase de floração cerca de 65 a 75% de água e na fase de sementes maduras, cerca de 55%.

Por outro lado o estágio de crescimento da planta é que determina o seu valor nutritivo. Plantas forrageiras durante o crescimento vegetativo apresentam alto valor nutritivo e à medida que passam do crescimento vegetativo para o reprodutivo (floração) este valor decresce acentuadamente. Contudo cortar uma planta muito jovem não é interessante, pois a produção de matéria seca cresce segundo o modelo sigmoidal com a idade da planta e ainda por ela conter um teor de água muito elevado.

O processo de secagem começa quando a planta é cortada. Alterações mecânicas no tecido da planta aumentam a taxa de secagem pela ruptura dos tecidos (células) facilitando o movimento de água e aumentando a superfície de evaporação. Portanto, secagem mais rápida, por um ou outro processo, determinará menores perdas na respiração e conseqüentemente obtêm-se uma forragem conservada com valor nutritivo mais elevado.

2. QUALIDADE DA PLANTA

2.1 Estagio de crescimento e Maturidade:

Observações gerais:

A composição bromatológica e o valor nutritivo de uma forragem em um determinado momento é o resultado dos fatores do meio e do potencial genético. Estes fatores estão de tal modo interrelacionados que não podem ser separadamente, avaliados para o objetivo dessa discussão. Os fatores genéticos determinam as espécies de plantas, os cultivares dentro das espécies, o tipo de crescimento e à resposta a determinados fatores do meio, como clima, solo, manejo, pragas e doenças, etc. É praticamente impossível distinguir quantitativamente, através de pesquisa, o efeito de cada um. Por exemplo, é impossível quantificar a influência relativa da luz e temperatura no crescimento de plantas.

Devido à alta variação entre plantas e da ampla mudança das condições ambientais, mesmo em uma área limitada geograficamente, a composição bromatológica e o valor nutritivo de uma determinada planta em certa época de corte, não são exatamente iguais em uma outra. Por estas razões, um certo dado obtido, poderá ser aplicado para determinadas plantas somente para aquelas que crescerem sob definidas condições.

Estagio de Desenvolvimento:

O estagio de desenvolvimento ou a maturidade de uma planta é um fator importante na determinação da composição bromatológica da forragem.

A planta forrageira durante o crescimento vegetativo tem uma alta proporção de folhas, é suculenta e tem alto conteúdo de umidade, proteína e minerais, e baixo em fibras e lignina. A planta ao passar do estagio de crescimento vegetativo para reprodutivo sofre várias alterações, resposta em função das características genéticas e é controlada pelo comprimento do dia e temperatura. As mudanças morfológicas que ocorrem durante esta fase são alongamento do caule, queda das folhas e aumento de produtos fotossintéticos. A porção citoplasmática de cada célula torna-se menos importante e a porcentagem de muitos constituintes, tais como proteínas, lipídios, carboidratos solúveis e minerais solúveis decrescem. As paredes das células tornam-se relativamente mais importantes e os constituintes fibrosos aumentam e tornam-se mais lignificados. A matéria seca total aumenta segundo o modelo sigmoidal, mas ocorre um progressivo decréscimo em qualidade, particularmente na digestibilidade e em especial da energia digestível.

A altura da planta e a porcentagem de matéria seca aumentam consistentemente, à época do início da fase reprodutiva, enquanto a relação folha-caule e porcentagem de proteína declinam.

A variação, em gramíneas, em função do estagio de desenvolvimento da planta, dos seguintes constituintes é: matéria seca (de 25 para 35%), fibra (de 21 para 35%), proteína (de 13 para 5%).

Semelhantes variações são também observadas nas leguminosas, redução em proteína de 32 para 14% e aumento na porcentagem de fibra de 15 para 38%, de lignina de 5 para 8% para a *Medicago sativa*. Mais importante do que este detalhe de composição bromatológica é a redução do valor nutritivo, quando a planta se torna madura. Ocorre um significativo aumento no valor calórico nas fezes dos animais, em relação à energia da forragem consumida, um decréscimo de 79 para 69% no coeficiente de digestão da energia bruta da forragem de alfafa e ainda 73 para 60% para a matéria orgânica.

Verifica-se que o declínio no valor nutritivo é mais suave nas leguminosas do que nas gramíneas, à medida que as plantas se tornam mais maduras.

Folhas e composição de partes da planta:

Um importante fator que determina a qualidade do feno é a relação folha-caule ou a proporção de folhas na forrageira.

Com certa gramínea verifica-se que no primeiro estágio de desenvolvimento, quando os perfilhos estavam quase todos floridos, 38,2% era lâmina de folhas, 23,2% de bainha, 36,6% de caule e 12% de inflorescência, em relação ao total de matéria seca da parte aérea. No estágio final de desenvolvimento, quase todas as inflorescências estavam maduras, as porcentagens foram 10, 11,2, 38,7 e 40,1% respectivamente. Estas variações refletem o aumento em caule e em inflorescência e o decréscimo em folhas. A composição bromatológica também sofreu variação. A proteína das folhas caiu de 11,6 para 6,6% e do caule de 4,4 para 2,8%. A fibra aumentou em todas as partes, ligeiramente nas folhas, mas acentuadamente no caule (de 33,8 para 41,6%).

Há um decréscimo progressivo da relação folha-caule de gramínea de 2,57 para 0,16 respectivamente, nos meses de maio a julho. Verificou-se decréscimo para a proteína bruta e acréscimo na fibra para o feno da gramínea.

Digestibilidade de partes da planta pode ser determinada pela técnica "in vitro". Partes da planta, quando a forrageira é nova, são de alta digestibilidade, como também da planta toda. Estes valores caem à medida que a planta se torna mais velha, mas as taxas de decréscimo são diferentes em relação as partes da planta. Verificaram valores de 45 a 65% nos coeficientes de digestibilidade para o caule e para as folhas de uma gramínea, respectivamente. Mesmo em um estágio de maturação avançado, e com uma baixa relação folha-caule, as lâminas da folha são mais digestíveis que o caule.

O declínio na digestibilidade de uma forrageira é resultado da ação de três componentes. Redução na proporção dos tecidos mais digestíveis, menor concentração dos constituintes mais digestíveis e uma redução da digestibilidade pela lignificação dos constituintes fibrosos.

Nas leguminosas, as folhas são também mais nutritivas que o caule e com o avanço da idade, torna-se mais fibroso em uma taxa mais rápida do que as folhas. As folhas, no estágio de pré-floração, tinham 24% de proteína, 16,4% de fibra e 10,7% de cinza, enquanto o caule tinha 10,7, 44,4 e 6,3% daqueles constituintes respectivamente. O caule contém três vezes mais lignina do que as folhas, para um mesmo peso seco. O caule contém, aproximadamente, 75% de celulose em relação à planta toda.

Conteúdo de água na planta:

O processo de fenação envolve uma remoção de grande quantidade de água. De modo geral, uma forrageira durante a fase de crescimento vegetativo, em condições normais de umidade no solo, apresenta uma variação média de 15 a 25% de matéria seca; durante a floração cerca de 25 a 35% e na fase de sementes maduras, cerca de 45%. É óbvio que o conteúdo de água cai rapidamente, ao alcançar a planta, a fase de floração.

O conteúdo de água ao ser cortada para fenação é cerca de 60 a 75% para as gramíneas e 70 a 75% para as leguminosas. Tecidos novos contêm mais água que os tecidos mais maduros, quando os dois são comparados numa mesma época. Contudo, em algumas ocasiões é possível que certas plantas apresentem maior porcentagem de matéria seca nos tecidos da folha do que do caule. Isto é explicado pela alta concentração de material solúvel, antes do material estrutural, nos tecidos das folhas.

A porcentagem de matéria seca da parte aérea de leguminosas aumenta linearmente, durante o período de crescimento. Contudo, certas gramíneas apresentam um decréscimo no teor de matéria seca durante o início da fase reprodutiva, para em seguida aumentar. Estas diferenças podem ser devido às variações de hábito de crescimento e mudanças nas proporções das diferentes partes da planta. Tecidos formados especialmente por paredes de células delgadas (células parenquimatosas têm alto conteúdo em água, > 90%), enquanto aquelas células de tecidos que formam paredes espessas, o seu conteúdo de água é menor. O conteúdo em água dentro de uma célula é variável. Nas folhas de plantas suculentas, os vacúolos são grandes e contêm grande quantidade de água. Nos tecidos meristemáticos que contêm poucos vacúolos e pouco material nas paredes das células, maior parte de água está no protoplasma. A água na forma de colóides ou de moléculas hidratadas está retida fortemente e a proporção que esta se encontra nesta forma varia largamente. As paredes das células têm um alto grau de higroscopicidade e alta capacidade absorvente, devido aos seus conteúdos em celulose e pectina.

Paredes de células lignificadas são menos higroscópicas do que as não lignificadas. A lignina pode absorver cerca de 23%, holo celulose cerca de 50% e hemicelulose cerca de 100% de seus pesos secos em água. O fluido vacuolar, o qual tem maior conteúdo em água das fases da célula, também contém grande quantidade de substâncias dissolvidas (orgânicas e inorgânicas).

A hora do dia em que faz o corte da forragem também afeta o conteúdo de umidade do material a ser fenado. A porcentagem de matéria seca é alta durante o dia, entre meio dia e 15 horas e é menor durante a noite e pela manhã. Tanto gramíneas quanto leguminosas apresentam variações diárias de cerca de 11% durante um dia de sol e de 6% em um dia nublado, quanto ao teor de água. Cortes feitos pela manhã fornecem forragens com alto teor de umidade, mas permitem um período maior de exposição ao sol.

2.2 - Época do corte:

A produção acumulada de matéria seca cresce segundo o modelo sigmoide com a idade da planta enquanto, o valor nutritivo decresce quando a planta passa da fase de crescimento vegetativo para reprodutivo. Cortes no início da fase de crescimento vegetativo teriam como desvantagens, menor rendimento forrageiro e ainda alto teor de umidade da forrageira, Cortes durante a fase de crescimento reprodutivo teriam como desvantagens, maior lignificação das células e menor digestibilidade da proteína e energia. A digestibilidade global de uma forragem ao seu primeiro corte, pode depender mais da data de corte do que da espécie forrageira, ou de seu estágio de crescimento. Verificaram que a taxa de declínio na digestibilidade da matéria seca total foi a mesma para várias forrageiras, havendo diferenças apenas nas datas de florescimento e/ou outro critério de maturidade. Os coeficientes de digestão de gramíneas, leguminosas ou misturas (gramíneas + leguminosas) decrescem 0,48 unidades por dia em um período de 70 dias após o início do verão. Este decréscimo varia em função da região geográfica. Por exemplo, foi obtido um decréscimo de 0,32 unidades na Virgínia (USA) e de 0,50 unidades na Inglaterra.

A época ideal de corte seria aquela em que a forrageira estaria mais adequada para a fenação, sob o aspecto qualitativo e quantitativo. Portanto esta época não pode ser definida em termos somente de crescimento ou de datas de cortes pré-fixadas, mas sim em períodos de descanso da cultura, condições locais do meio, aspectos econômicos, etc. Convém portanto, enfatizar que a qualidade da forragem à época do corte é de importância primária na qualidade do feno.

3. REAÇÕES DA PLANTA AO CORTE

3.1 Reação geral ao corte e a secagem:

O processo de secagem começa quando a planta é cortada. A taxa de secagem depende da diferença entre a pressão de vapor exercida pela água interna próxima a superfície e a pressão de vapor de água no ar. Fatores que afetam a pressão de vapor são a temperatura, concentração de substâncias dissolvidas, movimento de água dentro dos tecidos e movimento do ar. Quando a diferença alcança zero a transferência de umidade cessa e ocorre um estado de equilíbrio entre o feno e a umidade do ar.

As partes da planta diferem quanto a resposta à perda de água. Folhas de leguminosas secam mais rápido do que o caule e isto contribui para a queda das mesmas e perdas subsequentes da parte mais nutritiva.

Alterações mecânicas causadas ao tecido aumentarão a taxa de secagem pela ruptura das células, facilitando o movimento de água e aumentando a superfície de evaporação. Secagem mais rápida, por um ou por outro processo, determinará menores perdas na respiração e em algumas culturas haverá menor perda mecânica das folhas devido a uma uniformização na secagem de folhas e caules.

O sol é fator importante na secagem a campo por fornecer calor, tanto para fornecer rápida fermentação, como também para promover mais rápida secagem. Promove ainda, destruição das vitaminas A e E e a formação de vitamina D. Algumas operações práticas no campo, tais como viragem, ajudam a secagem, como também a aplicação de calor por vários modos e práticas. Dependendo da temperatura e da técnica usada, perdas no valor nutritivo são usualmente reduzidas pela secagem através do aumento moderado da temperatura. Mas as perdas podem ser aumentadas por altas temperaturas, particularmente os carboidratos digestíveis e a digestibilidade da proteína.

3.2 Secagem e o papel da superfície foliar:

Cerca de 5 a 10% da perda de água se dá através da cutícula, mas a maior perda é feita através do estomato, ou seja, através da superfície úmida das células do mesófilo, na cavidade sub-estomacal. Se o ar em volta da folha não está saturado com umidade, o vapor de água difundirá através do estomato até alcançar a parte externa. Alguns dos fatores que determinam a taxa de perda de água são, disponibilidade de água na superfície das células, abertura do estomato e força de evaporação no ar.

A maioria das informações disponíveis a respeito de abertura de estomato se refere a plantas intactas. O mecanismo que controla esta abertura ainda, não foi descrito com muita precisão. Os estomatos estão abertos se as células guardas estiverem túrgidas antes das células adjacentes da epiderme. Isto pode ocorrer em decorrência de solutos orgânicos produzidos pela fotossíntese ou da recepção de íons das células adjacentes. A turgescência também depende do suprimento completo de água, de certas substâncias orgânicas, de CO₂ e da luz. O estomato normalmente abre com a presença da luz mas, pode fechar em torno do meio dia por causa de um déficit de água localizado (naquele momento). Isto porque a pressão osmótica das células da epiderme torna-se maior do que das células guardas. Não se sabe se o mesmo acontece com folhas de plantas já cortadas.

A interrupção da transpiração causa fechamento dos estomatos mas, não é de efeito imediato. Quando as folhas são cortadas há, temporariamente, aumento na taxa de transpiração. Depois de cerca de uma hora o estomato se fecha e a taxa transpiratória diminui. Se sua abertura temporária se estende por um período de tempo maior, sob condições de pouca água, mas não em condições de grande déficit de água, conclui-se que a perda de água está relacionada com este tempo. A taxa transpiratória permanece baixa por poucas horas, dependendo das condições, mas logo há um forte e pronunciado aumento que está associado com sinais visíveis de emurchecimento. Neste momento, cerca de 10% em água se perdeu e a habilidade da planta regular sua transpiração foi deteriorada.

Perda de vapor de água através da epiderme foliar é insignificante em relação ao total da transpiração, quando o estomato está aberto. Mas, quando está fechado esta perda de água é muito importante. Há grande variação entre plantas em respeito a perda de águas pelas cutículas e está intimamente relacionada com a espessura da cutícula.

A deterioração de um tecido cortado, que está associado com o emurchecimento, pode ser semelhante a que ocorre durante o emurchecimento sem contudo, haver o corte.

Como o vacúolo contrai-se durante o emurchecimento, é exercido sobre o protoplasma uma força interna; e uma força externa é manifestada pela parede celular. Desta tensão resulta em injúria mecânica, havendo conseqüentemente, rápida perda de água e os fatores externos controlam a evaporação.

4. SECAGEM À TEMPERATURA AMBIENTE

4.1 Perdas de carboidratos:

Devido a dificuldade em determinar e controlar, em condições de campo, as perdas que ocorrem, a maioria dos dados são obtidos em laboratório.

Variações na composição são causadas por enzimas e é sabido que as enzimas respiratória e hidrolítica presentes nas células vivas continuam suas funções até que alguma condição letal intervenha.

FORAGEM VERDE, dependendo de seu estágio de crescimento e outras variáveis, contém cerca de 55 a 85% de água e deve ser reduzida pela secagem para 15 a 20%. A taxa de secagem não tem um valor constante mas é provavelmente, proporcional à diferença na saturação, exceto no estágio final. A taxa continuará até que a diferença em saturação alcance o ponto mais baixo ou seja o ponto em que o conteúdo de água da forragem estiver em equilíbrio com a umidade do ar. A respiração é ativa durante este tempo mas em seguida cai progressivamente. Muitos pesquisadores têm estudado a respiração durante esta fase. A troca gasosa entre gramíneas e leguminosas cortadas a uma temperatura de 20,5°C e no escuro, o consumo de oxigênio foi maior que a produção de CO₂ no princípio do emurchecimento. Quando a umidade diminui a taxa respiratória caiu rapidamente e em alguns casos, como nas gramíneas que haviam alcançado 20% de água, a proporção foi inversa, ou seja, havia maior consumo de O₂ e menor produção de CO₂. Abaixo de certo grau de umidade a respiração cessa, variando de 33 a 38% de água.

O calor envolvido durante a respiração de uma forragem verde foi medido, entre 7 e 27°C a temperatura teve mais efeito sobre a evolução de calor do que a umidade. Em temperaturas maiores a energia desprendida de uma leguminosa verde e suculenta após três dias de corte foi de 25.200kJ (kilojoules) por hora, por tonelada de matéria seca. Isto equivale a uma perda de 4,5% de matéria seca por dia. Em uma leguminosa verde mas já madura, a perda foi de 2,2% de matéria seca por dia.

Abaixo de zero graus não há respiração independentemente da umidade da forragem. Umidade em torno de 10% na forragem não há respiração independentemente, da temperatura.

Respiração é acompanhada por perda de matéria seca e nas condições de campo (preparo do feno) e de galpão (armazenamento) as perdas são extremamente variáveis.

A principal mudança na composição química refere-se à perda de carboidratos mais solúveis. Como estes carboidratos são de alta digestibilidade, a perda no valor nutritivo é maior que a perda de matéria seca considerada isoladamente. As perdas em açúcares e ácidos orgânicos foi demonstrada várias vezes. Por exemplo, ocorre decréscimo de 7 para 3,7% nos açúcares totais (base MS) em leguminosas, em seu primeiro corte e mantida a temperatura de 27°C. A maior perda é de glicose e frutose mas há algum decréscimo também de sacarose. Há pouca variação no teor de hexoses após a secagem de uma gramínea por 24 horas, mas significativa perda em sacarose (6,2

para 5,4%) e frutose (9,6 para 5,2%), o que evidencia a hidrólise e a respiração de hexoses livres. A frutose em uma gramínea decresce, hexoses não mostraram perdas e a sacarose aumenta. Este último fenômeno é explicado pela sua síntese durante o período de emurchecimento.

Em todos os casos, as perdas de carboidratos de uma forma ou outra, parece acompanhar a perda de matéria seca durante o emurchecimento e a secagem. Perdas de ácidos orgânicos têm sido observadas, com decréscimo dos ácidos málico, cítrico e succínico, durante o emurchecimento de uma gramínea por 48 horas.

Muitos pesquisadores verificaram que o amido como também a frutose são hidrolisados e que açúcares desdobrados são perdidos através da respiração. Por outro lado, alguns pesquisadores verificaram aumento de polissacarídeos, possivelmente por síntese. Os carboidratos das paredes das células freqüentemente, aumentam. Este fato pode ser somente aparente, por causa da variação da matéria seca e a porcentagem a ser calculada tendo ela como base. A fotossíntese também pode contribuir no estágio inicial de emurchecimento mas isto representa muito pouco. Não há evidência de rompimento das moléculas de celulose, a menos que haja atividade bacteriana.

4.2 Constituintes nitrogenados:

Secagem à temperatura ambiente resulta em pequena perda de substâncias nitrogenadas quando comparadas com a perda de carboidratos.

As proteases da planta são ativas durante o emurchecimento e o nitrogênio solúvel total aumenta. Este é formado por peptídeos, aminoácidos, amidas e bases voláteis.

Ocorre perdas de glicina, serina, treonina, alanina, metionina, leucina e isoleucina e há aumento em prolina, amidas, glutamina e asparagina em gramíneas. Folhas emurchecidas de uma leguminosa têm alto teor em prolina em relação ao normal, indicando que carboidratos têm algum efeito sobre este fenômeno. O mecanismo é o seguinte, a prolina é sintetizada do ácido glutâmico e que há interconvenção entre serina-glicina e alanina-aspártico.

Verifica-se que o nitrogênio total de uma gramínea cai de 2,02 para 1,83% em 2,5 horas de emurchecimento, a proporção de nitrogênio não protéico sube de 8,9 para 11,4% do total de nitrogênio e os grupos aminas livres crescem de 2,6 para 5,9%. A quantidade de amônia dobrou.

Todas as formas de nitrogênio são disponíveis para os ruminantes, não havendo grande perda no valor nutritivo causada por estas interconversões. A estimativa é que ocorre uma perda de 2,5% de nitrogênio.

Nitratos são pouco afetados pela secagem. Substâncias cianogênicas presentes no sorgo (*Sorghum* sp), trevo branco (*Trifolium repens*) e algumas outras poucas forrageiras perdem sua toxidez, quando elas são fenadas. Isto pode ser devido à desnaturação de enzima que libera o cianeto, ou pela volatilização do cianeto, ou ambos.

4.3 As vitaminas:

Três das vitaminas requeridas pelos ruminantes são afetadas pelo processo de secagem, A, D e E.

O precursor da vitamina A, o caroteno, é relativamente alto, o seu teor nas forragens novas decresce à medida que a planta se torna madura. A redução em função da idade da planta é de 400 para 100ppm, respectivamente em plantas jovens e maduras. O pigmento amarelo é altamente correlacionado com a clorofila, proteína e com outros componentes que são freqüentes nas plantas jovens. Por causa de tais correlações, a cor verde da forragem fresca ou fenada é na prática um critério de julgamento de qualidade do feno e do conteúdo de caroteno.

O caroteno é instável na presença da luz e ar e considerável perda ocorre pela ação da lipoxidase. Secagem lenta, ao sol, em uma temperatura de 37°C, pode causar destruição rápida de 80% do total de caroteno. Secagem rápida, por meio artificial ou natural, inativa a enzima e há tendência de conservar mais o caroteno. Feno é freqüentemente, uma fonte pobre nesta vitamina, porque ele normalmente é feito quando a planta está mais madura e ainda, devido à ação de raios solares.

A vitamina D não ocorre em plantas verdes, ou quando ocorre em quantidades extremamente pequenas. Os precursores da vitamina D são os esteróis, largamente distribuídos nas plantas, mas em pequenas quantidades. Com a morte das células de um tecido durante o emurchecimento ou após, certos esteróis ao serem expostos ao sol, transformam-se em vitamina D (atividade antirraquítica). Alguns dos esteróis são b sitosterol, stigmasterol, spinasterol e ergosterol, o qual pode ocorrer livre, como glicosídeos ou como ésteres de ácidos graxos. Pouco é sabido das reações que ocorrem com os esteróis, na presença de luz com a planta emurchecida e porque eles não reagem à ação da luz quando a planta está túrgida.

A luz ultravioleta (280-300nm) é a mais eficiente no rearranjo das moléculas com o fim de produzir a vitamina D. A intensidade desta reação é proporcional ao tempo de exposição ao sol ou à luz artificial (ultravioleta). O feno curado com exposição limitada tem menos vitamina D do que o curado com completa exposição.

A formação da vitamina D é um processo lento e pode continuar por 6 a 8 dias, após alcançar o máximo. Folhas são mais susceptíveis a radiação do que o caule. Tem sido observada que a quantidade de vitamina D pode ser maior em forragens maduras, por causa da alta concentração de esteróis que se acumula nos tecidos reprodutivos.

O feno de alfafa curado ao sol tem 890UI, curado a sombra, 259UI e o farelo de folha desidratada, 169UI. Feno de uma gramínea curado ao sol tem 1.000UI e a sombra, 455UI.

A vitamina E é um tocoferol. Os tocoferóis mais comuns são, o a tocoferol (mais ativo) b, g e d, tendo somente 30, 20 e 1% de atividade, respectivamente. O a tocoferol é o mais abundante nas forragens e por propósitos práticos, vitamina E pode ser expressa em termos do total de tocoferol.

Forragens verdes são ricas em vitamina E, forragens maduras são pobres e fenos secos são muito pobres. Um feno de forragens de gramíneas jovens tem 277ppm, ao florescimento 98ppm e após sementeação 24ppm. Estas diferenças foram atribuídas a menor relação folha-caule, nas plantas mais maduras.

Perdas durante o emurchecimento têm sido constatadas. Secagem artificial pode causar perdas e exposição ao sol tem pouco efeito mas, exposição excessiva causa perda.

O conteúdo de tocoferol no sangue de animais em pastagem é alto, tanto que animais sendo confinados em galpões é recomendado o fornecimento de forragem verde.

A falta de vitamina E pode ser acompanhada por esterelidade e em, conexão com deficiência de selênio, com distrofia muscular.

4.4 Perdas gerais do valor nutritivo:

Os fenos variam grandemente, em composição e valor nutritivo mas mesmo o melhor deles sofre alguma perda no processo de secagem.

A perda total de matéria seca no processo de fenação a campo é, por respiração durante o emurchecimento e secagem, 4 a 15% dependendo das condições climáticas; perda por queda de folhas, gramíneas 2 a 5% e para leguminosas 3 a 35% e nas melhores condições 15 a 20%; lixiviação por chuvas 5 a 14%.

A chuva é um dos fatores que mais contribui para reduzir a qualidade do feno e o caroteno é o constituinte mais susceptível. A lixiviação pela chuva pode remover de 20 a 40% de matéria seca, 30% de fósforo, 65% de potássio e 20% de proteína bruta.

Há poucos trabalhos de digestibilidade em que se compara forragem verde e feno. A forragem congelada após o corte, a digestibilidade da matéria orgânica foi de 73%, enquanto o feno do mesmo corte seco em leiras no campo foi de 64,7% e o feno ainda do mesmo corte seco por pressão foi de 66,4%.

Coefficientes de digestibilidade do feno e da forragem verde de aveia, ambos cortados à idade de 120 dias foi de 55,7 e 55,9, 58,6 e 59,4, 58,8 e 61,1% respectivamente, para a matéria seca, proteína e energia brutas. A perda em NDT de 42,1% quando a forragem cortada recebeu chuva e de 25,5% se não recebeu, enquanto aquela seca em galpões foi de 24%. A perda em energia líquida foi de 47,2, 29,6, 28,6%, respectivamente. O feno seco em galpões sem calor apresenta menor perda do que aquele seco no campo.

5. TRATAMENTOS MECÂNICOS SOBRE A SECAGEM

Diversos dispositivos mecânicos e métodos são usados para promover mais rápida eliminação de água. Tais forragens têm seus tecidos rompidos após o corte. Isto reduz a respiração e previne o desenvolvimento de fungo, reduz a queda de folha e reduz o tempo de exposição.

Esmagar ou dilacerar uma forragem aumenta a taxa de perda de água. O esmagamento provoca um estímulo na respiração, principalmente no caule e pecíolos de leguminosas, mas o material seca muito mais rápido e a respiração cessa muito antes do que o material intacto.

Uma combinação de esmagamento e calor (rolos aquecidos) reduz a perda de caroteno. Outro procedimento usado é o uso de vapor de água, por certo período de tempo o que aumenta a taxa de secagem pela modificação da permeabilidade da cutícula. Estudos microscópicos mostram que tratamentos mecânicos não rompem as paredes das células em certas extensão e o tratamento por vapor destrói a função do estomato.

6. QUALIDADE GERAL DO FENO

6.1 Composição dos fenos:

Muitas compilações de composição e valor nutritivo têm sido feitas. Normas indicativas de qualidade do feno, como composição química e digestibilidade são determinadas experimentalmente. Ainda existem nos EUA outras normas que regulam a qualidade do feno ao mercado (USDA, 68). Os "standards" são baseados no tipo de feno (espécie), pureza, qualidade de folhas, presença de sementes, coloração, espessura do caule e teor de umidade. Baseados nestes "standards" foram estabelecidos quatro classes de qualidade: (1) - alta qualidade, (2) - regular, (3) - relativamente pobre e (4) - muito pobre.

Exemplos de classes de qualidade de um feno de gramínea e de leguminosa são apresentados no quadro 1. A composição química não participa diretamente neste tipo de classificação mas alguns autores têm feito estas comparações (quadro 2).

Quadro 1 - Requerimentos para Certas Classes de Feno (USDA, 71)

| Tipos e classes de fenos | | Mínimo de folhas (%) | Mínimo de cor verde (%) | Máximo de impureza (%) |
|-------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Fenos de leguminosas e mistos | (1) alta qualidade | 40 | 60 | 5 |
| | (2) regular | 25 | 35 | 10 |
| | (3) relativamente pobre | 10 | 10 | 15 |
| Fenos de gramíneas | (1) alta qualidade | 45 | 40 | 10 |
| | (2) regular | 30 | 30 | 15 |
| | (3) relativamente pobre | 15 | 10 | 20 |

Quadro 2 - Classes de Fenos de Leguminosas e Conteúdo em Nutrientes (USDA, 71)

| Classes | Prot. Bruta (%MS) | Fibra Bruta (%MS) | ENN (%MS) |
|---------|-------------------|-------------------|-----------|
| (1) | 22,5 | 22,8 | 45,2 |
| (2) | 16,9 | 30,8 | 43,2 |
| (3) | 16,8 | 38,3 | 36,8 |

6.2 Qualidade de alguns fenos de gramíneas e leguminosas:

Dados referentes ao valor nutritivo de fenos de gramíneas e leguminosas principalmente, da América Latina são apresentados no quadro 3.

Quadro 3 - Valor nutritivo de alguns fenos de gramíneas e leguminosas

| Gênero, espécie e processamento | MS (%) | PB (%MS) | ED (Mcal/kg) | NDT (%MS) | Ca (%MS) | P (%MS) |
|--|--------|----------|--------------|-----------|----------|---------|
| Glycine max (feno curado ao sol) | 89 | 15,9 | 2,49 | 56,6 | 1,33 | 0,32 |
| Hyparrhenia rufa (feno curado ao sol) | 90,1 | 7,2 | 2,56 | 53,1 | 0,52 | 0,14 |
| Manihot esculenta (folhas curada ao sol) | 69,8 | 26,9 | 2,78 | 63,1 | 4,23 | 1,06 |
| (parte aérea desidratada) | 90,3 | 12,1 | 2,64 | 59,9 | 0,6 | 0,26 |
| (raízes desidrat. e moído) | 87,3 | 2,8 | 3,48 | 78,9 | 0,17 | 0,09 |
| Medicago sativa (curado ao sol, flor.) | 90,1 | 12,5 | 2,57 | 58,2 | 1,4 | 0,19 |
| (desid., flor. e moído) | 92,4 | 19,5 | 2,54 | 57,5 | - | 0,3 |
| Melinis minutiflora (curado ao sol) | 93,2 | 6,8 | - | 50,6 | - | - |
| Musa paradisiaca (folhas desidrat.) | 96,7 | 16,6 | 2,89 | - | - | - |
| Oryza sativa (casca de arroz) | 90,6 | 4,5 | 1,76 | 49,3 | - | - |
| Oryza sativa (palha de arroz) | 89 | 5,4 | 1,87 | 68,0 | 1,90 | 0,25 |
| Panicum maximum (colônião desidrat.) | 93,5 | 6,7 | 2,16 | 48,9 | 0,47 | 0,26 |

| | | | | | | |
|---|--------|----------|--------------|-----------|----------|---------|
| (Tanzânia) | 90 | 8 | - | 55 | 1,1 | 0,25 |
| (Tobiatã) | 90 | 7,8 | - | 55,3 | 1 | 0,25 |
| Pennisetum ciliare (capim buffel curado ao sol) | 92,7 | 7,9 | 2,14 | 48,6 | - | - |
| Pennisetum purpureum (feno curado ao sol) | 89,1 | 8,2 | - | 45,4 | - | - |
| Elefante Híbrido Paraíso | 90,6 | 14,6 | - | 65,6 | 1,1 | 0,35 |
| Gênero, espécie e processamento | MS (%) | PB (%MS) | ED (Mcal/kg) | NDT (%MS) | Ca (%MS) | P (%MS) |
| Saccharum officinarum (ponta da cana curada ao sol) | 88,4 | 4,1 | 2,54 | 57,5 | - | - |
| (bagaço seco) | 91,8 | 1,2 | - | 55,3 | 0,32 | 0,14 |
| Sorghum vulgare (paniculas curadas ao sol) | 88,5 | 10,4 | - | - | 0,18 | 0,12 |
| (parte aérea curada ao sol) | 90,6 | 4,2 | 2,19 | 49,7 | 0,3 | 0,15 |

7. MÉTODOS DE PREPARO DO FENO

Os estudos têm demonstrado que um bom equipamento concorre para reduzir o custo de mão de obra e para melhorar a qualidade do produto. O feno seca mais rapidamente, distendido e espalhado do que em leiras, mesmo que estas sejam espalhadas e frouxas. Quanto maiores forem as leiras, tanto mais lenta será a cura sendo esta mais lenta ainda, quando se dispõem as forrageiras para secar em pequenos montes.

Embora o feno se cure mais rapidamente estando espalhado, não é aconselhável curá-lo totalmente dessa forma, exceto no caso de fenos de gramíneas quando o tempo estiver frio e seco. Realizando-se a cura total desse modo, as folhas se tornam secas e quebradiças muito antes que as hastes estejam suficientemente secas. Em se tratando de leguminosas, haverá grande perda de folhas ao ser o feno manipulado. A exposição prolongada de feno ao sol também o tostará destruindo grande parte do caroteno.

A disposição de forragem verde em leiras, embora pequenas e frouxas, imediatamente antes do preparo das medas, prolongará o tempo necessário para a cura do feno exceto em um clima muito seco. A cura realizada lentamente aumenta o risco de prejudicar a fenação no caso de chuvas. O enleiramento da forragem verde dá margem aos acidentes, com fermentações e emboloramento do feno.

7.1 Secagem:

Para preparar um feno de qualidade, folhudo e verde, deve-se proceder da seguinte maneira:

- ceifar pela manhã, bem cedo, pois não há necessidade de retardar o corte por causa do orvalho. As forrageiras ceifadas logo cedo, embora úmidas pelo orvalho apresentam-se mais secas à tarde do que as ceifadas em horas mais avançadas do dia;
- em seguida proceder ao acondicionamento quantas vezes necessárias - mínimo de duas passagens;
- deixar a forragem espalhada por algumas horas, até que ela fique parcialmente curada;
- ceifar apenas a quantidade que se puder manejar convenientemente, sob as condições comuns de tempo;
- antes que haja perigo de desprendimento das folhas, a forragem deve ser amontoada, em pequenas leiras, frouxas, de preferência, com um ancinho de descarga lateral;
- caso o tempo esteja propício à fenação, a cura deverá prosseguir nessas leiras, sendo o feno daí enfardado;
- a cura do feno processando lentamente por causa do tempo, poderá ser conveniente, após algumas horas, revirar parcialmente as leiras para apressar a secagem. Este revolvimento ainda poderá ser necessário se o feno estiver molhado por causa das chuvas.

8. ARMAZENAMENTO DO FENO

8.1 Efeitos gerais

Outras perdas na qualidade do feno ocorrem quando o feno, após secagem, é armazenado. Uma série de trabalhos indicam que perdas na matéria seca aumentam com a temperatura de armazenagem e com o conteúdo de umidade do feno. Entre 18 a 7°C a 12% de umidade as perdas foram insignificantes. A 36°C e 18% de umidade a perda de matéria seca foi de 8% durante 9 meses de armazenamento. As perdas foram principalmente, de açúcar, outros carboidratos solúveis e alguns lipídeos possivelmente, por desenvolvimento de fungo.

Perdas variáveis de carotenóides ocorrem, principalmente, se o teor destes no feno é alto.

As perdas podem resultar da oxidação na presença de ar, enzimas ou microorganismos. Atribui-se a hidrólise de sacarose de feno estocado à 25°C de temperatura e umidade relativa do ar de 76%, à atividade enzimática. Isto porque o feno não foi aquecido acima de 45°C durante a secagem. As hexoses desapareceram mas, somente na presença de oxigênio e isto foi atribuído ao desenvolvimento de fungo.

Feno contendo 16% de água a temperatura subiu muito pouco e microflora foi muito pouco diversa. Feno com 25% de água causou elevação da temperatura a 45°C e houve desenvolvimento de mofo, principalmente de *Aspergillus glaucus*. Com 40% de água a temperatura alcançou 65°C e continha grande número de fungos termofílicos.

A fermentação resulta em perda de açúcares e formação de bases voláteis de nitrogênio, que tendem a elevar o pH. Verificou-se que feno com mais de 30% de umidade não é adequado para armazenagem e como conseqüência há decréscimo na digestibilidade, particularmente da proteína. E ainda os açúcares e algumas proteínas decrescem no feno estocado mas, a maior perda relativa foi de caroteno; 81% do caroteno desapareceu após seis meses de armazenamento.

Aquecimento espontâneo da massa a ser fenada, conduz o aparecimento de material de cor marrom. A composição deste feno é semelhante a um feno de qualidade pobre. Contudo, se o calor produzido levar ao aparecimento de cor escura, há acentuada queda nos carboidratos digestíveis e conseqüentemente aumento no teor de fibra.

8.2 Enfardamento do feno no campo:

Usa-se fazer o enfardamento do feno no momento de retirá-lo das próprias leiras com enfardadeira, é necessário que sejam tomadas determinadas precauções.

O feno deve estar um pouco mais seco que o comum. É preferível que sua umidade esteja entre 20 e 22%. Os fenos de leguminosas, excessivamente secos, antes do enfardamento perdem considerável quantidade de folhas. O enfardamento nas próprias leiras evita boa parte da perda das folhas.

Para permitir a ventilação nas pilhas de fardos estes devem ser colocados na primeira camada, de lado. A camada seguinte será constituída de fardos depositados sobre os lados maiores e assim sucessivamente, conservando os ângulos retos. Os fardos não devem ser colocados juntos, pois é necessário deixar um bom espaço entre eles. Todo feno solto deverá ser retirado no topo das camadas de fardos antes de depositar a camada seguinte.

8.3 Feno Picado:

Nestes últimos anos tem-se intensificado o emprego de máquinas para picar feno, apanhando-o diretamente nas leiras e lançando-o por meio de um ventilador da própria máquina para o veículo de transporte. Às vezes o feno é transportado sem ser picado até o local de armazenamento onde, com o auxílio de uma picadeira do tipo das ensiladeira, é picado e amontoado. A fragmentação do feno é conveniente para a alimentação contudo, o valor de um feno de boa qualidade para o gado bovino, ovino e eqüino não aumenta apreciavelmente ao ser picado. Ocorre é um aumento do consumo deste feno. Um animal adulto (300kg PV) consome 6kg de feno moído ou picado, enquanto integral é de 4kg.

Pode haver uma pequena vantagem em picar o feno de qualidade inferior. O feno picado fino pode se tornar poeirento e portanto menos apreciável pelos animais. Para uma conservação segura, o feno picado deve estar um pouco mais seco do que o necessário para um feno comum, já que tem maior tendência para se aquecer porque se amontoa mais densamente, oferecendo menor oportunidade para que a umidade e o calor se dissipem. O feno picado ocupa apenas a metade ou um terço da área necessária para armazenar o feno comum. O feno deve ser distribuído em camadas, pelo ajustamento do tubo lançador. Nunca se deve permitir que o feno se acame por si próprio, pois poderá provocar aquecimento em vários pontos.

Sendo o custo destes equipamentos muito elevado aí se tornam econômicos quando o volume de feno a ser produzido justificar seu emprego. O custo da produção de feno será reduzido quando a mesma máquina for utilizada no corte de outras forrageiras ou de milho para silagem.

9. MATERIAL

9.1 Ceifadeira:

Preferencialmente este equipamento deve ser de disco. De acordo com o modelo pode-se ter larguras de cortes de 1,7 a 2,4m podendo ser de quatro a seis discos. Normalmente cada disco tem duas facas, portanto, tem-se ceifadeira de oito e 12 facas. A potência requerida na tomada de força é de 25 a 38cv dependendo do modelo (4 e 6 discos). A capacidade de produção máxima de corte é de 3 a 4ha/hora, variando de acordo com a quantidade de forragem a ser cortada. A rotação requerida na tomada de força é de 540rpm, independente do modelo. Os discos em movimentação normal adquirem uma velocidade de 3.000rpm, com a ceifadeira acoplada ao sistema hidráulico de um trator agrícola com a marcha em segunda reduzida.

9.2 Condicionador-secador (Espalhador):

É um equipamento indispensável ao preparo de um bom feno. Ele promove a aceleração da secagem pelo aumento da superfície de evaporação da água pelos tecidos da planta.

A primeira passada (batida) do condicionador-secador é importante para se obter um bom feno. Esta passagem deve ser feita imediatamente após a ceifa, quando a forragem ainda não murchou. Se ocorrer da forragem perder muita água após a ceifa e antes da primeira batida haverá dificuldades nesta etapa, ocasionada por embuchamento do material nos rolos-faca.

A primeira passagem do condicionador é considerada uma etapa pesada, requerendo do trator acoplado a marcha de primeira reduzida, para grandes quantidades de forragem ceifada ou segunda reduzida para quantidades menores (< 8t/ha de forragem verde). A potência requerida é de 35cv e a velocidade de rotação na tomada de força é de 1.800rpm.

A segunda passagem (batida) deve ser feita logo após a primeira. Pode-se usar a marcha de segunda reduzida para grande quantidade de forragem ceifada (> 10t/ha de forragem verde) ou a terceira reduzida para quantidades menores de forragem.

Quando se tem uma quantidade de forragem grande (> 15t/ha de forragem verde), recomenda-se uma terceira batida que deve ser feita logo após a segunda. Esta pode ser feita com trator em primeira simples, com 1.600rpm.

9.3 Ancinho enleirador:

Existem vários tipos deste equipamento no mercado. Um deles é o modelo GIROBAR-90, que pesa 250kg, com uma largura total de 3m. A potência requerida para o trator agrícola é de 25cv. O sistema de roda é giro livre com 540rpm e com levante acoplado em três pontos. A velocidade de operação do trator agrícola é com a marcha de terceira reduzida ou primeira simples, dependendo da quantidade de forragem cortada. A sua capacidade máxima de produção é de 5 hectares por hora.

9.4 Enfardadeira de rolo:

Preferencialmente deve-se usar este equipamento. A enfardadeira requer na tomada de força do trator agrícola 40cv e ainda 540rpm, na segunda marcha reduzida. O seu rendimento médio é de 50t/ha de feno por dia.

10. ASPECTOS ECONÔMICOS

Na apuração dos custos de produção do feno apropriou-se o custo de produção da massa verde, desde a destoca do terreno até os tratamentos culturais, considerando que a vida útil é de 8 anos. Computou-se o custo da massa verde como se o campo de produção de forragem fornecesse três cortes fenáveis por ano.

As depreciações foram calculadas em função da vida útil do equipamento (10 anos) e do número de horas de utilização por ano. Dos preços de aquisição dividiu-se o valor residual do equipamento, ao de sua vida útil. A incidência nos custos de produção do feno foi calculada na razão direta de sua efetiva utilização na fenação utilizada (Quadro 4).

A mão de obra incidiu à base do salário mínimo e os serviços de trator foram apurados de acordo com o preço vigente na região (Quadro 4). Tomou-se os índices de rendimento do fabricante para os cálculos efetuados.

Quadro 4 - Custos de produção por quilo de feno em fardo

| COMPONENTES | CUSTOS (R\$/kg) |
|--|-----------------|
| Custo do capim braquiária | 0,005 |
| Ceifador - capim braquiária | 0,004 |
| Condicionamento - capim braquiária brizantha | 0,006 |
| Enleiramento - capim braquiária brizantha | 0,002 |
| Enfardamento - capim braquiária brizantha | 0,040 |
| Depreciação | 0,006 |
| Encargos diversos | 0,006 |
| TOTAL | 0,069 |

10.1 Relação benefício/custo:

Considerando um ganho médio diário por cabeça de 0,65kg de novilhos suplementados com feno e minerais, com peso vivo médio diário de 300kg, durante a época seca do ano (julho a novembro). O benefício diário por animal seria da ordem de U\$ 0,54.

Considerando ainda, um consumo de 6,5kg de feno por dia e de 0,06kg de mistura mineral, o custo da alimentação diária seria de U\$ 0,47 (U\$ 0,45 do feno e U\$ 0,02 da mistura mineral). A relação benefício/custo seria da ordem de 1,1489.