

MÁQUINAS PARA A COLHEITA E CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS

Walter Boller

Introdução

A conservação de forragens pode ser comparada a uma poupança, uma vez que permite estocar os excessos de alimento produzido em épocas que a produção excede a demanda, para utilizá-los em períodos de escassez. Outro aspecto que caracteriza a conservação de forragens diz respeito à colheita de plantas com valor nutritivo elevado e com níveis de produtividade por unidade de área que compensem os investimentos em equipamentos, em épocas definidas do ano, conservando-as de modo a poder oferecê-las aos animais durante o ano todo ou em períodos de escassez.

Para conservar forragens, são utilizados basicamente dois processos, conhecidos como fenação e ensilagem. A primeira modalidade consiste no corte das plantas, redução do teor

de água até aproximadamente 15 a 20 %, recolhimento e prensagem do material, originando fardos, com vistas a reduzir o volume ocupado durante o armazenamento e facilitar o manuseio. A ensilagem, por sua vez, consiste na conservação de forragens via fermentação anaeróbia, o que é obtido por meio do corte e da fragmentação da massa vegetal e da sua compactação no interior de silos, de modo a expulsar o máximo de oxigênio. Existem duas modalidades principais para produção de silagem: a) corte direto ou colheita direta, onde as plantas são cortadas e processadas no momento em que apresentam o maior acúmulo de nutrientes por unidade de área cultivada, o que também coincide com o teor de água adequado para facilitar o processo de ensilagem (ex.: milho) e b) corte indireto ou colheita indireta, adotado quando, no momento de maior acúmulo de nutrientes as plantas forrageiras ainda contém excesso de água para serem ensiladas. Neste caso, procede-se o corte no momento em que é possível obter a maior quantidade de nutrientes por unidade de área e submete-se o material à perda de água no campo, para posteriormente, recolher o material e fragmentá-lo de modo a possibilitar a adequada ensilagem (ex.: silagem pré-murchada ou pré-secada a partir de culturas de inverno).

Seja qual for o processo de conservação de forragens adotado na propriedade, existem opções que consistem na utilização de ferramentas manuais e trabalho braçal até máquinas altamente tecnificadas, equipadas com robotização, eletrônica embarcada e sistemas de agricultura de precisão. Assim, a colheita, a conservação, o manuseio e a distribuição de forragens conservadas aos animais podem ser operações puramente manuais, totalmente mecanizadas e automatizadas

em algumas etapas, assim como podem ser mistas, com etapas mais mecanizadas e outras menos, dependendo do tamanho das propriedades e do valor da produção obtida com a utilização destas forragens.

2. Máquinas e equipamentos para fenação

A fenação consiste em corte, revolvimento, secagem, enleiramento, recolhimento, transporte e armazenamento de plantas forrageiras de alto valor nutritivo, para futura utilização como volumoso para ruminantes. Este conjunto de operações deve ser sincronizado e, para obter feno de qualidade adequada, é importante que o processo de secagem seja o mais rápido possível (de preferência que o material possa ser armazenado no mesmo dia do corte). É justamente na secagem que reside um dos pontos fracos da fenação, uma vez que depende da radiação solar e do vento. Forrageira submetida ao corte em épocas chuvosas está sujeito a prolongar o período de secagem, comprometendo a sua qualidade até o momento de alcançar o teor de água ideal para armazenagem (15 a 20 %). Forragem armazenada com umidade superior corre o risco de desenvolver mofos, perdendo a qualidade como forragem e até mesmo pode entrar em auto-combustão, provocando acidentes de proporções consideráveis.

2.1 Equipamentos e utensílios para pequenas propriedades

Em pequenas propriedades, o feno pode ser confeccionado totalmente por meio da utilização de ferramentas manuais, ou

por combinações entre estas e as máquinas de tração animal ou de tração motorizada.

2.1.1 Corte

O corte é realizado com uma ferramenta denominada alfange ou gadanho (Fig. 14.1-A). Esta ferramenta é composta por uma lâmina de aço, de comprimento aproximado de 0,60 m, fixada a um cabo de madeira, medindo em torno de 1,60 m, formando um “L”. No cabo são inseridos dois manípulos, por meio dos quais o operador movimenta a lâmina rente ao terreno ou levemente suspensa, descrevendo semicírculos e cortando a forragem a ser fenada. A altura do corte é controlada pelo operador, sendo difícil manter a uniformidade. O corte deve ser realizado pela manhã, porém deve-se aguardar a evaporação do orvalho, sob pena de retardar ainda mais a secagem da forragem. O corte também pode ser efetuado pelo uso de segadoras de tração animal. Estas máquinas são constituídas por uma barra de corte com navalhas alternativas e dedos, acionadas pelo rodado de sustentação, por meio de uma transmissão que pode ser ligada ou desligada pelo operador que acompanha a operação sentado. A máquina possui um pedal para o levantamento momentâneo da barra de corte, quando há necessidade de contornar obstáculos e de alavancas com travamento que possibilitam o deslocamento com a barra suspensa. A barra permite a regulagem da altura do corte, entre quatro e oito centímetros, ou mais em casos especiais. Para tracionar a máquina são necessários dois cavalos ou uma junta de bois, sendo os cavalos preferidos devido à maior velocidade que imprimem a navalha. Propriedades que dispõem de microtratores podem utilizá-los para tracionar este tipo de equipamento.

2.1.2 Revolvimento

Durante a secagem, a forragem cortada deve ser revolvida várias vezes e esparramada uniformemente sobre a superfície do terreno, com o auxílio de um garfo ou “forcado”. Este instrumento é composto de um cabo de madeira de 1,60 a 1,80 m de comprimento e de uma extremidade de aço, com três ou quatro pontas (Fig. 14.1-B). A extremidade do garfo é posicionada horizontalmente e introduzida sob a camada de forragem, suspendendo-a e deixando cair sucessivamente, de modo a inverter a posição das plantas e favorecer a perda de água. Plantas como a alfafa, que perdem as folhas com facilidade, devem sofrer menor número de revolvimentos e a operação deve ser mais cuidadosa, uma vez que a perda das folhas implica em perda de qualidade do feno produzido.

2.1.3 Enleiramento

Após um dia de secagem, caso a forragem esteja em condições de umidade adequadas para o armazenamento, procede-se ao enleiramento. Esta operação também deve ser realizada, caso a forragem necessite de mais um período de secagem, pois reduz a superfície exposta ao contato com o orvalho, diminuindo o tempo para a perda de água necessária. Para realizar o enleiramento, utiliza-se um ancinho ou rastelo, geralmente confeccionado de madeira. Este apresenta um cabo medindo 2,0 a 2,5 m de comprimento e na extremidade frontal um “pente” de dentes de madeira, abrangendo de 0,60 a 0,80 m de largura. Os dentes, com diâmetro de 1,5 cm e comprimento de 15 cm, são encaixados em uma barra de madeira, espaçados em 5 cm. Esta peça é parafusada á

extremidade do cabo, formando um “T”, sendo ainda utilizados dois arames estabilizadores para manter o ângulo reto (Fig. 14.1-C). Em operação, os dentes do rastelo formam um ângulo entre 150 e 180 graus com a superfície do solo. Ao ser tracionado, o ancinho acumula o feno sobre os dentes e ao ser empurrado, descarrega o material. Esta operação sendo realizada sucessivamente, lado a lado, origina uma leira, que pode ser aumentada, aumentando-se a distância de tração do ancinho, ou tracionando-o várias vezes até levantar a leira a uma altura considerável (aproximadamente 0,5 m).

2.1.4 Recolhimento, transporte e descarregamento

O feno com adequado teor de umidade deve ser transportado para ser armazenado corretamente e manter as suas propriedades nutricionais. O transporte pode ser efetuado mediante a utilização de carroças de tração animal ou carretas agrícolas de tração mecânica. Para carregar o feno, após o seu enleiramento, utiliza-se o garfo ou forcado, depositando o material primeiramente nos quatro cantos do veículo e posteriormente na parte central da área de carregamento, sempre compactando a forragem através de pisoteio. O material não recolhido pelos garfos pode ainda ser recuperado com o auxílio do ancinho. Uma carga de feno pode alcançar de dois a três metros de altura, desde que bem iniciada e compactada. O transporte de cargas altas causa a elevação do centro de gravidade do veículo utilizado e requer velocidades de traslado mais baixas, para evitar o seu tombamento e consequente descarregamento acidental do feno em local indesejado. O descarregamento do feno no local de armazenamento é feito com o auxílio de garfos ou forcados e também utilizando ancinhos.

2.1.5 Armazenamento

Para manter as suas qualidades nutricionais, o feno necessita ser armazenado em local abrigado da chuva. Este local pode ser um galpão rústico, desde que atenda a premissa de não permitir que o feno venha a ser molhado pela chuva, ou uma meda, construída ao ar livre. Para armazenar o feno em galpão, este pode ou não ser enfardado, através de uma enfardadora manual estacionária. Este equipamento funciona como uma prensa e, ao compactar a forragem, permite diminuir o espaço necessário para armazenar o feno e facilitar o manuseio do mesmo, uma vez que resulta em fardos de formato prismático. O feno armazenado sem enfardar deve ser compactado por meio de pisoteio humano, de modo a diminuir o seu volume. Quando não há condições de armazenar o feno em galpão, pode-se optar por medas (Fig. 14.1-D). Uma meda consta de um mastro com altura de 4,0 a 5,0 m, em torno do qual se deposita e compacta (pisoteio humano) o feno em camadas aproximadamente circulares. Quando a meda está concluída, seu perfil aproxima-se a uma parábola, com a curvatura voltada para cima. No topo deve ser colocada uma lona plástica ou outro material impermeável e nas paredes deve-se orientar os talos do feno na vertical, com o auxílio de garfos. Isto permite que a água da chuva escorra e não penetre na massa de feno contida na meda, deteriorando apenas uma pequena camada externa. Em redor da base da meda, convém abrir um dreno ou sulco com 15 a 20 cm de profundidade e largura de 20 cm, para evitar que a água da chuva venha a infiltrar-se na base da meda e deteriorar o feno.

2.1.6 Utilização do feno

Feno armazenado em galpão, geralmente encontra-se mais próximo do local de consumo e facilita o fornecimento aos animais. No caso de fardos o manuseio é facilitado sobremaneira, enquanto que feno armazenado solto e compactado através de pisoteio humano requer o auxílio de um garfo ou forcado ou de um rastelo para ser retirado da “pilha”. Por sua vez, feno armazenado em medas, requer cuidados adicionais na retirada. Deve-se retirar o feno em camadas ao redor da meda, sem desequilibrá-la, sob pena de quebrar o mastro e provocar o desmoronamento da meda, podendo o feno ser perdido em caso de chuva imediata. O auxílio de um carrinho de mão ou outro tipo de carrinho pode ser importante para minimizar o esforço das pessoas envolvidas no processo e agilizar a distribuição do feno aos animais.

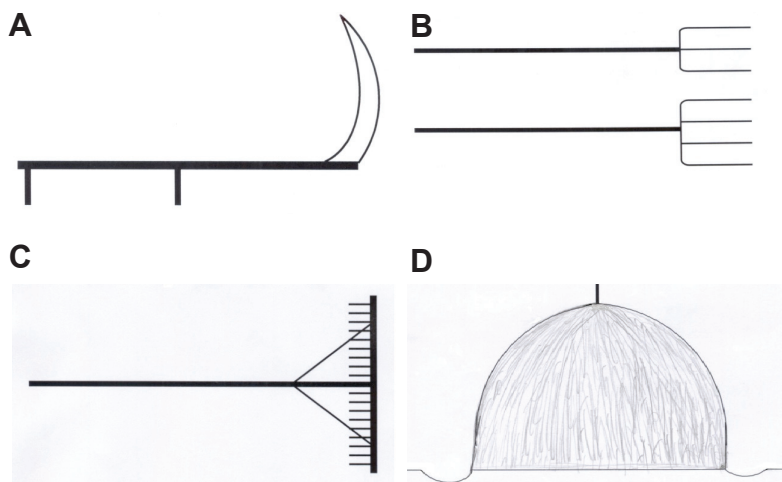


Figura 14.1 A) Alfange; B) garfos; C) ancinho; D) meda de feno.;

Fonte: Boller (2012).

2.2 Máquinas e equipamentos para fenação em propriedades mecanizadas

Em propriedades que dispõem de mecanização intensiva, a fenação pode ser totalmente mecanizada ou apresentar operações mecanizadas conjugadas com operações manuais. A gama de máquinas disponíveis no mercado abrange alternativas para diversos tamanhos de áreas, variando desde equipamentos montados em micro-tratores ou tratores pequenos e médios até autopropelidos.

2.2.1 Corte

As máquinas utilizadas para o corte da forragem destinada a fenação denominam-se segadoras. De acordo com o tipo de ferramenta ativa, as segadoras podem ser classificadas em segadoras de barras (utilizam navalhas alternativas e dedos, semelhantes às colhedoras de grãos) ou segadoras rotativas (promovem o corte através de lâminas montadas na superfície de um disco ou tambor giratório).

a. Segadora de barra: Estas máquinas cortam a forragem a semelhança de uma tesoura, através de duas lâminas cortantes paralelas, sendo uma denominada contra-faca, fixada nos dedos, e outra móvel, montada em uma barra alternativa, constituindo a navalha propriamente dita (Fig. 14.2-A e 14.2-B). A barra de corte mede entre 1,40 e 1,80 m e apresenta dois patins nas extremidades, através dos quais desliza sobre o solo. Seu corte é “limpo”, não prejudicando o rebrote das plantas, pois as partes remanescentes não são danificadas. A potência de acionamento requerida é muito

baixa, concorrendo para um baixo consumo de energia por unidade de área cortada. Outra vantagem é o baixo custo de aquisição quando comparadas com as demais segadoras. Como desvantagem principal, apresenta-se a elevada suscetibilidade ao acúmulo de material na frente da barra, caracterizando o “embuchamento” da mesma e dificultando o seu trabalho, especialmente quando o material a ser ceifado encontra-se acamado ou emaranhado. O acúmulo de terra, material vegetal seco ou material já cortado na frente dos dedos da barra obriga o operador a parar o trabalho, descer do trator e limpar a barra, causando atraso considerável. Velocidade de deslocamento insuficiente também causa embuchamento da barra, uma vez que o material cortado cai para frente prendendo-se entre os dedos e causando o arraste. Visando diminuir este problema operacional, na extremidade direita da barra é montada uma espécie de defletor com a finalidade de abrir um caminho por onde deve deslocar-se o rodado do trator na próxima passada e o patim de apoio interno da barra, sem acumular material já cortado. A navalha alternativa é acionada pela tomada de potência (tdp) do trator, a 540 rpm, originando uma frequência de aproximadamente 700 ciclos por minuto. Para um corte eficiente da forragem, os dedos da barra devem estar perfeitamente alinhados e a folga horizontal e vertical da navalha não deve exceder 0,2 mm (na prática isso representa a espessura de um cartão postal). Para a regulagem da altura de corte, a barra é posicionada mais ou menos horizontalmente com o terreno, através do braço telescópico do terceiro ponto do sistema de levantamento hidráulico do trator, ou de dispositivos adicionais da própria máquina. Ao levantar-se a extremidade frontal dos dedos, diminui a probabilidade de acúmulo de material na frente da barra e aumenta a altura de

cutte e vice-versa. A barra acompanha livremente as oscilações da superfície do terreno, sendo o seu peso parcialmente suportado através de molas e, quando há necessidade de suspender-la, um sistema de alavancas conjugado com um cabo de aço, montado entre a máquina e o trator promove o seu levantamento, em combinação com o sistema de levante hidráulico do trator. No caso de encontrar algum obstáculo, a barra dispõe de um mecanismo de destravamento controlado por uma mola com pressão ajustável. Antes de continuar a operação, há necessidade de desligar a tdp do trator e promover o reposicionamento manual da barra, em caso de desengate por obstáculo. Material muito grosseiro, assim como a presença de pedras na superfície do solo podem ocasionar avarias na barra de corte, nos dedos e na navalha, comprometendo a qualidade do corte e o desempenho da máquina. A altura de corte é regulada através do braço do terceiro ponto (luva telescópica) do trator, sendo que aumentando-se o comprimento deste, a extremidade frontal dos dedos por onde oscila a navalha alternativa é posicionada com maior altura do solo, aumentando a altura de corte e vice-versa. Na Europa encontram-se em uso segadoras de barras com navalhas alternativas duplas. Neste caso, não são utilizados dedos, as duas navalhas são mais robustas do que as convencionais e deslocam-se uma em sentido oposto á outra, promovendo efeito de auto-limpeza na frente da barra. Como desvantagem, este tipo de barra necessita de duplo mecanismo de acionamento, apresenta custo mais elevado e maiores exigências em manutenção do que a barra convencional.

b. Segadoras rotativas: as segadoras rotativas podem ser de dois modelos: eixos horizontais ou eixos verticais. As máquinas

de eixos horizontais são semelhantes aos picadores de palha e no Brasil são mais utilizadas para corte de material vegetal destinado a cobertura do solo em sistemas de manejo conservacionista ou mesmo para a limpeza de áreas sob pastagens. As segadoras de eixos verticais podem ser de discos, que são acionados por baixo, montados lado a lado a uma barra de corte (Fig. 14.2-C), ou de tambores, acionados de cima para baixo (Fig. 14.2-D). Ambos os tipos de máquinas promovem o corte através do impacto de lâminas montadas na periferia de um disco que gira em alta velocidade (70 a 90 m/s). Teoricamente, este princípio de corte pode causar prejuízo ao rebrote das plantas forrageiras, embora haja pesquisas comprovando o contrário. A grande vantagem das segadoras rotativas reside na sua elevada capacidade de corte de forragem, mesmo que esta se encontre acamada ou emaranhada. A velocidade de deslocamento teórica ou de projeto pode chegar aos 20 km/h, embora na prática fique limitada entre 10 e 15 km/h, de acordo com as condições do terreno (EIMER, 1997). Estas segadoras também apresentam um tipo de suspensão, que auxilia no seu deslizamento sobre o terreno, copiando o micro-relevo. A largura de corte das segadoras rotativas disponíveis no mercado nacional varia de 0,5 m até aproximadamente 2,0 m (Fig. 14.2-E). Para maior largura de corte, fabricantes da Europa oferecem máquinas para montagem ao acoplamento frontal do trator, enquanto que outra vai acoplada na parte traseira. As segadoras rotativas requerem maior potência de acionamento e apresentam custo inicial mais elevado quando comparadas com as segadoras de barra. A sua manutenção requer cuidados adicionais, uma vez que possuem uma série de engrenagens na constituição das transmissões entre os discos ou tambores. A parte ativa das

segadoras rotativas também acompanha as irregularidades do terreno e a regulação da altura de corte baseia-se no aumento ou na retração do braço do terceiro ponto, desde que a máquina seja montada (acoplada) ao trator através do sistema de levante hidráulico de três pontos.

c. Segadoras-condicionadoras: para acelerar a perda de água após o corte das forragens, pode-se utilizar equipamentos denominados condicionadoras, em operação separada do corte ou conjugar as segadoras com condicionadoras, quando então estas passam a denominar-se segadoras-condicionadoras (Fig. 14.2-F). Estes complementos podem exercer ação de amassamento da forragem, ou raspagem da cerosidade que recobre as plantas e com isso facilitar a evaporação da água contida na forragem ceifada. No mercado brasileiro encontram-se segadoras-condicionadoras rotativas (Fig. 14.2-F) e outras que utilizam uma barra de corte com dedos e navalha alternativa, um molinete auxiliar para evitar o acúmulo de material na frente da barra de corte e um par de rolos condicionadores (Fig. 14.2-G e Fig. 14.2-H). A pressão exercida pelos rolos condicionadores sobre a forragem pode ser regulada, através do tensionamento de molas. Experimento conduzido na FAMV, com aveia preta (mais de 8 t/ha de massa seca), demonstrou que utilizando a segadora condicionadora, a secagem da forragem demorou um dia menos do que onde a forragem somente foi cortada. Ao mesmo tempo, verificou-se que não houve diferenças significativas na qualidade da forragem entre os dois sistemas de corte, atestando que o amassamento da forragem não causou perdas de nutrientes (BOLLER et al., 1991). Uma tendência mundial é para o uso de condicionadoras com efeito de raspagem (dedos) para o condicionamento de gramíneas

e outras forrageiras perenes e de condicionadoras de rolos para trevos, alfafa e leguminosas em geral. Estes dispositivos podem ser rotores com dentes radiais flexíveis, martelos móveis ou martelos fixos, em combinação ou não com superfícies de atrito corrugadas. O custo das segadoras-condicionadoras é sensivelmente mais elevado do que das demais, porém o benefício da menor probabilidade de perda de feno pela ação da chuva pode justificar a sua aquisição, especialmente quando se trata de forragem de elevado valor nutricional. Um experimento comparando o desempenho de uma segadora-condicionadora com rolos de borracha com outra equipada com mecanismo de dedos metálicos, conduzido com aveia branca (8587 kg ha⁻¹ de matéria seca), na Argentina, mostrou que no momento de enfardar, o teor de umidade da forragem condicionada pelo primeiro equipamento apresentava-se 3 % inferior ao obtido com o segundo equipamento (SILVESTRINI, 1998). No entanto, o resultado não concordou com os relatos de outros autores, citados por este pesquisador.

Na Tabela 14.1, são apresentadas algumas informações comparativas entre diferentes modelos de segadoras, dando uma ideia da velocidade de operação, da capacidade de trabalho e das necessidades de potência de acionamento requeridas.

Tabela 14.1 Dados comparativos entre diferentes modelos de segadoras.

Característica	Barra de corte		Rotativas	
	Navalha simples	Navalha dupla	Eixo vertical	Eixo horizontal
Velocidade da ferramenta cortante	675 - 950 ciclos / min	675 - 800 ciclos / min	1500 - 3500 rpm	1500 - 3500 rpm
Velocidade de avanço (km/h)	4 - 7	6 - 12	10 - 16	8-10
Capacidade de trabalho (ha/h)	0,3 - 1	0,4 - 2	1 - 2	0,8 - 1,6
Potência de acionamento (kW)	4 - 10	3 - 6	20 - 32	25 - 38

Fonte: Ortiz-Cañavate (1984).



Figura 14.2 A) Segadora de barra; B) detalhe da navalha em segadora de barra; C) segadora rotativa de discos; D) segadora rotativa de tambores; E) segadora rotativa em operação; F) segadora-condicionadora de discos - detalhe dos discos e dos rolos condicionadores; G) segadora-condicionadora de barra - detalhe do molinete e da barra de corte; H) segadora-condicionadora em operação.

Fotos: Walter Boller.

Quanto à manutenção das segadoras deve-se considerar cuidados como afiamento dos órgãos ativos (ferramentas cortantes), ajuste de folgas nas navalhas, lubrificação das articulações, tensionamento de correias, verificação do nível e trocas periódicas do óleo lubrificante em caixas de transmissão. Após o seu uso, deve-se proceder a uma perfeita limpeza, retirando partes vegetais e terra que se acumulam próximo aos elementos cortantes, lavando estas partes e secando-as antes de aspergir um óleo lubrificante para protegê-las contra a corrosão. Armazenar as máquinas ao abrigo da chuva e da radiação solar também concorre para prolongar a vida útil de seus componentes.

2.2.2 Revolvimento e enleiramento

Após o corte das plantas forrageiras e a secagem da camada superficial, deve-se revolver e distribuir uniformemente sobre o terreno a massa vegetal cortada, para uniformizar e acelerar a perda de água em toda a camada. Esta operação é realizada com o auxílio de ancinhos mecânicos, os quais podem ser rotativos (rotores acionados pela tdp do trator), de barras transversais (conjunto de barras acionado pela tdp do trator), ou de rodas dentadas verticais (tracionado na barra de tração do trator). Para evitar a contaminação com terra, a forragem cortada não condicionada deve ser revolvida operando a velocidades entre 6 e 7 km/h, ao passo que para revolver forragem condicionada recomenda-se não ultrapassar 5 a 6 km/h. A largura útil recomendável para um ancinho é de duas a três vezes a largura da segadora utilizada no processo.

Com a forragem ceifada e seca, pronta para ser recolhida e enfardada, deve se realizar a operação de enleiramento, através de ancinhos.

a. Ancinhos rotativos: existem ancinhos rotativos capazes somente de enleirar e/ou movimentar leiras (Fig. 14.3-A) e outros que podem ser utilizados para esparramar, assim como para enleirar forragem. Consta de pares de rotores, nos quais encontram-se de seis a oito braços articulados, cujas extremidades são ligadas a dentes duplos combinados com molas. O giro do rotor imprime um movimento aos braços do ancinho, de tal forma que as extremidades dos dedos descrevem um círculo sobre o terreno, quando a máquina está parada (os dois rotores giram á mesma velocidade, porém com sentidos de giro opostos). Deslocando-se a máquina em funcionamento, o giro dos rotores ocasiona um efeito de alimentação central, impulsionando a forragem para trás (Fig. 14.3-B). Cada par de rotores é apoiado sobre duas rodas reguladoras da altura de trabalho dos dentes do rotor, que permite a adaptação da máquina ás irregularidades do terreno. Para esparramar ou revolver a forragem, os braços são mantidos em posição aproximadamente horizontal em relação ao rotor, ficando os dentes na vertical (Fig. 14.3-C e Fig. 14.3-D). A parte frontal da máquina opera mais próxima do solo, captando a forragem e impulsionando-a para trás, onde fica fora do alcance dos dentes. Esta regulagem é obtida através do desnivelamento (inclinação) do rotor em relação ao chassi da máquina. O efeito de aeração da forragem é acentuado com este tipo de ancinho, cuja largura de trabalho pode variar de 1,6 m a 4,8 m. Para reduzir perdas no revolvimento de forragem muito seca ou frágil (material como alfafa que, após seco, perde folhas com facilidade), a máquina deve ser operada com velocidade da tdp do trator abaixo de 540 rpm. Considerando que a velocidade recomendada para

esta operação é de 5 a 7 km/h, estima-se que a capacidade de trabalho de um ancinho com dois rotores (largura de 1,60 m) varia de 0,6 a 1,0 ha/h. A utilização do ancinho rotativo para enleirar a forragem seca, requer as seguintes alterações ou regulagens: colocação de “placas defletoras” na parte traseira, posicionamento do rotor aproximadamente em nível (menor inclinação para frente), giro dos braços em relação ao rotor, posicionando-os praticamente na vertical, de modo que os dentes operem na horizontal (varredura paralela á superfície do solo) e alteração da regulagem de altura nas rodas de apoio. Uma máquina com dois rotores apresenta-se descentralizada em relação ao trator, o que permite o deslocamento de leiras ou a junção de duas ou mais leiras em uma só, sem que o rodado do trator transite sobre a leira já formada. Cabe destacar que o manuseio de forragem frágil ou demasiado seca com este tipo de ancinho pode ocasionar perdas consideráveis.

b. Ancinho de barras transversais: este ancinho consta de um chassi tracionado ou montado ao trator através do sistema de engate de três pontos, que sustenta uma espécie de molinete com três, quatro ou cinco barras transversais. As barras transversais medem de 1,60 m a 1,80 m e apresentam inclinação com a direção de deslocamento da máquina de 40° a 45° (Fig. 14.3-E). Nas barras transversais são montados dentes flexíveis verticais (semelhantes aos dedos de um molinete de colhedora de grãos). O giro do molinete faz com que as barras transversais com seus dedos verticais aproximem-se do solo, de cima para baixo e posteriormente desloquem-se para a esquerda (efeito de varredura lateral), posteriormente a afastar-se novamente

do solo, de baixo para cima. Este movimento das barras, combinado com o deslocamento da máquina para frente, ocasiona o “enrolamento” de uma camada de forragem, formando uma leira. Existem regulagens específicas para obter o revolvimento de forragem e o esparramamento de leiras, porém dependem do modelo de fabricação. Alguns modelos ajustam a função do ancinho alterando o sentido de giro e o ângulo de inclinação das barras em relação à direção de deslocamento, enquanto que outros apenas permitem a retirada de parte dos dedos verticais para revolvimento ou movimentação de leiras. O acionamento do molinete que movimenta as barras pode ser através das rodas de sustentação da máquina ou da tdp do trator. A velocidade de giro do molinete varia de 80 a 100 rpm para enleiramento, até 150 a 170 rpm para esparramamento ou movimentação de leiras. Deve-se regular a altura dos dentes em relação ao solo, de modo a não tocar o solo, mas sem deixar de recolher a forragem. No caso da existência de pedras, os dedos devem ser mantidos mais elevados e recomenda-se inclinar a máquina de modo que a parte traseira das barras fique mais elevada que a dianteira, possibilitando que as pedras fiquem fora das leiras. O efeito do impacto das ferramentas ativas do ancinho sobre a forragem é menor do que aquele verificado nos ancinhos rotativos, sendo esperado que ocasione menos perdas em forragens frágeis.

c. Ancinho de rodas dentadas verticais: trata-se de um chassi tubular, em forma de “J”, tracionado pelo trator, ao qual são montadas rodas ou discos com dentes flexíveis, medindo aproximadamente 1,30 m de diâmetro (Fig. 14.3-F). As rodas dentadas apresentam giro livre sobre os seus eixos e a sua

projeção vertical sobre o plano de sustentação horizontal forma um ângulo que varia de 30° (esparramar forragem) até 45° ou mais (enleirar feno seco). Cada par de rodas é montado nas extremidades de um “sub-chassi” em formato de “J”, posicionado horizontalmente. Variando a posição e a angulação do sub-chassi e do chassi, em relação a direção de deslocamento da máquina, pode-se obter diferentes funções do ancinho, como enleirar material esparramado, revolver material ou movimentar leiras sem juntar as mesmas. Os discos ou rodas dentadas giram pela ação do solo sobre os seus dentes, de modo que a sua velocidade depende da velocidade de deslocamento do conjunto trator/ ancinho (pode chegar a 10 km/h) e do ângulo das rodas dentadas com a direção de deslocamento. Cada par de rodas dentadas gira apoiando-se sobre o solo, copiando eventuais irregularidades do terreno e movimentando a forragem com suavidade (importante no caso de forragens frágeis de leguminosas). Como desvantagens são citadas a dificuldade de manusear camadas muito espessas de forragem, o vento pode causar enrolamento da forragem nos discos, dificultando o trabalho. Ainda, apresenta limitações para esparramar leiras já formadas, a não ser que sejam de pequena espessura (como as resultantes da ação de algumas segadoras).

A manutenção dos ancinhos depende essencialmente do seu modelo de construção, porém, alguns cuidados como limpeza e lubrificação das articulações e demais partes móveis são recomendáveis para todos. Revisões periódicas do estado dos dentes e molas que atuam diretamente em contato com a forragem a ser manuseada previnem

surpresas desagradáveis na hora do trabalho da máquina e devem ser feitas ao final de cada período de utilização. O armazenamento dos ancinhos ao abrigo da chuva e da radiação solar também é recomendável para evitar corrosões e outros danos aos seus componentes.

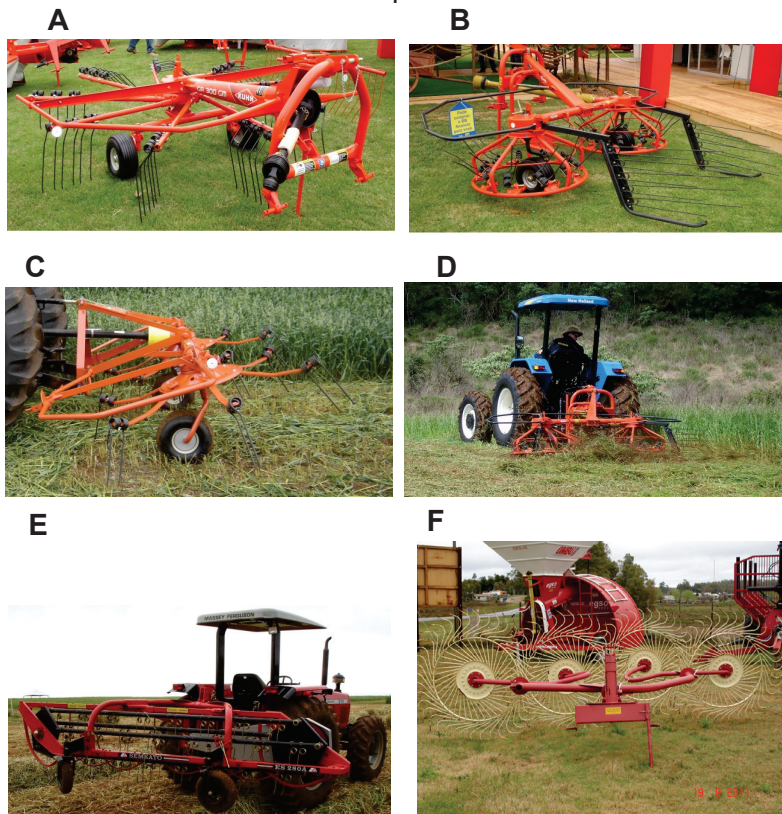


Figura 14.3 A) Ancinho enleirador rotativo; B) Ancinho enleirador/esparramador rotativo com anteparos em posição de enleirar; C) Ancinho esparramador rotativo; D) ancinho esparramador/enleirador rotativo em operação de esparramamento; E) ancinho de barras transversais; F) ancinho de rodas verticais.

Fotos: Walter Boller.

2.2.3 Recolhimento, enfardamento e armazenamento

A forragem com adequado teor de água (15 a 20 %), é denominada feno e deve ser recolhida para o adequado armazenamento. Para isto, o material, previamente enleirado, pode ser recolhido através de reboques forrageiros equipados com cabeçotes de recolhimento (molinetes recolhedores tipo “pick-up”), cujos dedos retráteis juntam as leiras de baixo para cima e encaminham a forragem para o interior do depósito da máquina (carreta) que irá transportá-lo até o local de armazenamento (fenil). Neste local, diferentes equipamentos como garfos suspensos por talhas, elevadores de correias transportadoras ou elevadores pneumáticos podem elevar o feno até o local de armazenamento. O feno pode ainda, ser transportado e armazenado inteiro ou transportado inteiro e armazenado picado (quando se utiliza o elevador pneumático).

No Brasil, a preferência tem sido pela armazenagem de feno enfardado, o que requer menos mão de obra que o feno solto, evita em grande parte as perdas de folhas de forragens frágeis, diminui a exposição aos agentes atmosféricos e, especialmente reduz a necessidade de espaço para armazenagem do feno entre a metade até um quarto do que seria necessário para forragem não enfardada.

As máquinas utilizadas para a confecção dos fardos são denominadas enfardadoras e podem ser classificadas em convencionais ou prensas-enfardadoras, que produzem fardos prismáticos com dimensões de 0,40 a 0,60 m de largura x 0,30 a 0,40 m de altura x 0,50 m até 1,30 m de

comprimento, ou rotoenfardadoras, que produzem fardos cilíndricos com largura de 1,50 m a 1,70 m e diâmetro de 1,60 m a 1,80 m (ORTIZ-CAÑAVATE, 1984). Este autor classifica as prensas-enfardadoras em baixa pressão, média pressão e alta pressão (Tabela 14.2). As enfardadoras podem ser utilizadas para enfardar restos de culturas (palhas) para diversas finalidades, como por exemplo, alimentar animais, servir de cama para animais confinados, ou para fins energéticos em secadores ou mesmo em centrais termelétricas. Na Tabela 14.2 são apresentadas algumas características comparativas entre diferentes modelos de enfardadoras.

Tabela 14.2 Características de diferentes modelos de enfardadoras.

Característica	Prensa-enfardadora			Enfardadora de fardos redondos
	Baixa pressão	Média pressão	Alta pressão	
Canal:				
- Largura (cm)	65-100	40-50	40-60	150-170
- Altura (cm)	30-35	30-40	35-45	160-180
Densidade do fardo (kg/m ³)	50-75	75-120	100-200	130-160 (feno) 85-100 (palha)
Velocidade (km/h)	4-8	2-7	2-7	4-7
Capacidade trab(ha/h)	1-2	1,5-2	1,5-2	2-3
Produção média (t/h)	3-6	4-6	6-9	4-12
Peso por fardo (kg)	6-10	10-20	20-40	400-700 (feno) 250-450 (palha)
Potência na tdp (kW)	20-25	25-35	35-40	35-45

Fonte: Ortiz-Cañavate (1984).

Obs.: No mercado brasileiro de máquinas agrícolas é oferecida uma rotoenfardadora que produz fardos cilíndricos com dimensões pequenas (0,60 m x 0,65 m) e peso de 20 a 35 kg, própria para pequenos estabelecimentos (Fig. 14.4-A). Segundo informações do fabricante, esta máquina requer potência de acionamento mínima de 11 kW e os fardos são enrolados por meio de um sistema atador, com o auxílio de uma tela (rede).

a. Prensa-enfardadora: é a máquina mais comum, porém devido à complexidade e as exigências de manutenção por pessoal especializado de alguns dos seus mecanismos, vem sendo substituída por outros modelos. Para um melhor entendimento do funcionamento desta máquina, ela será subdividida em mecanismos, que operam integrados, segundo funções específicas de cada um. Todos os mecanismos estão montados sobre um chassi robusto apoiado sobre rodas, sendo a máquina tracionada pela barra de tração e acionada pela tdp do trator (Fig. 14.4-B). O primeiro mecanismo que entra em contato com o feno é o mecanismo recolhedor, composto por um molinete de dedos retráteis “pick-up” (Fig. 14.4-C). Os dedos retráteis giram em sentido oposto ao avanço dos rodados da máquina, elevam a leira de feno, introduzindo-a no mecanismo de alimentação do canal da prensa. A regulação mais importante no mecanismo recolhedor é a altura dos dedos do pick-up em relação ao solo. Esta altura pode ser controlada por meio de “rodas calibradoras” que acompanham o terreno, através de um sistema de catracas acionadas por meio de uma corda ou por meio de cilindro hidráulico de controle remoto. Deve-se manter os dedos suficientemente baixos para evitar perdas de feno, porém não tão baixos ao ponto de recolher material estranho como terra e pedras. O mecanismo de alimentação situa-se acima do mecanismo recolhedor, conduz o feno até o canal da prensa e pode ser composto por um transportador helicoidal em combinação com garfos que se deslocam lateralmente ou somente por um par de garfos. Os garfos introduzem a forragem no canal da prensa, através de uma janela lateral deste, no momento em que o êmbolo está próximo do seu máximo curso para

frente (ponto morto inferior), retirando-se imediatamente da região, no momento em que o êmbolo é deslocado para trás (comprimindo o feno). Pode haver regulagens específicas nos garfos alimentadores, conforme o comprimento e o volume da forragem. Pequenos volumes de feno e forragem curta requerem que os garfos sejam posicionados mais baixos e vice-versa. Ainda, nos órgãos de alimentação, existe um parafuso fusível que rompe em caso de sobrecarga por excesso de forragem, por regulagem inadequada dos garfos ou no caso do recolhimento de material estranho, protegendo os demais componentes da máquina. O mecanismo de compressão do feno é responsável pela compactação da forragem e pela forma do fardo resultante. Estas operações são realizadas por um êmbolo que se desloca no interior do canal da prensa, que apresenta diferentes dimensões, dependendo do tipo de enfardadora. Nas enfardadoras de baixa pressão, o canal da prensa apresenta uma secção retangular medindo de 0,25 a 0,40 m de altura e 0,55 a 1,10 m de largura. Já, nas máquinas de média e alta pressões, o canal da prensa mede de 0,40 a 0,60 m de largura e 0,30 a 0,40 m de altura, ao passo que o seu comprimento varia de 2 a 3 m. O êmbolo desloca-se horizontalmente ao longo do canal da prensa, apoiado sobre guias de aço, com frequência de 65 a 100 ciclos por minuto. O acionamento do êmbolo é a operação que mais consome potência e depende de uma biela ligada a um volante, através de um eixo excêntrico. No caso de sobrecarga do êmbolo, ocorre o deslizamento de uma embreagem de segurança ou o rompimento de um pino fusível junto ao volante da enfardadora, evitando danos em componentes como a biela, o êmbolo ou o próprio canal da prensa. Na parte inferior do canal da prensa, na região de

compressão do feno, existem duas aberturas longitudinais que permitem a subida das agulhas do mecanismo nosador (Fig.14.4-D), no momento em que o fardo deve ser amarrado. Para conformar as paredes laterais do fardo, o êmbolo dispõe de uma lâmina que corta o material a cruzar com uma contra-faca fixa localizada na parede vertical da janela de entrada de feno do canal da prensa. A compressão do feno ocorre pela resistência ao deslocamento dos fardos já amarrados, na saída do canal da prensa e, pelo afinilamento da saída do canal da prensa, que pode ser regulado através da alteração da tensão de molas localizadas na parte posterior da enfardadora (Fig.14.4-E). O mecanismo de amarração é o responsável pela amarração dos fardos com fios de sisal e é composto por agulhas, nosador, órgãos de acionamento, transmissão e estrela medidora do comprimento dos fardos. Os rolos de sisal são mantidos em um compartimento ao lado do canal da prensa e as extremidades de cada fio são presas no mecanismo nosador, passando pelos orifícios localizados nas pontas das agulhas, mantidas abaixo do canal da prensa. O deslocamento do feno no interior do canal, para trás, é medido pela estrela medidora do comprimento do fardo e quando o comprimento estabelecido através de regulagem é alcançado, automaticamente as agulhas portando os fios de sisal são deslocadas para cima e o mecanismo nosador é acionado amarrando o fardo e cortando o fio, voltando as agulhas para a sua posição original. Esta operação é considerada a parte mais crítica do funcionamento de uma prensa-enfardadora, sendo levada a cabo num intervalo de tempo muito curto, enquanto o êmbolo se desloca para frente. A quantidade de engrenagens, alavancas, molas e outros elementos envolvidos na operação do nosador torna-o o

ponto fraco destas máquinas, necessitando, muitas vezes de assistência técnica especializada, treinada pelo fabricante. Recentemente, importadores de máquinas agrícolas vem oferecendo modelos de prensas-enfardadoras de alta pressão que produzem fardos prismáticos com volumes até dez vezes superiores àqueles produzidas pelas prensas-enfardadoras convencionais (Fig. 14.4-F). Estes fardos requerem o manuseio através de ferramentas especiais, operadas por meio de tratores e facilitam a mecanização do processo de transporte, armazenagem e alimentação dos animais. Os fardos produzidos pelas enfardadoras convencionais necessitam ser transportados o mais breve possível para um local de armazenamento, onde fiquem abrigados da chuva, sob pena do feno perder qualidade. O reumedecimento dos fardos no local de armazenamento pode causar fermentações e proliferação de mofos, levando a sua deterioração e até mesmo causando a autocombustão de todo um depósito de feno.

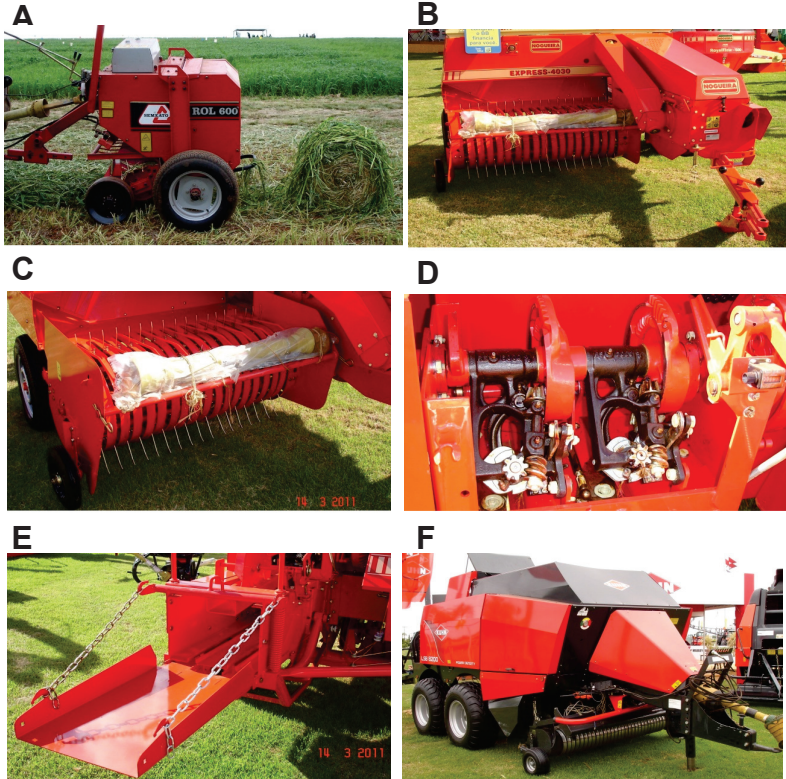


Figura 14.4 A) Enfardadora de fardos cilíndricos “Mini Rol”; B) prensa-enfardadora; C) mecanismo recolhedor de feno de uma prensa-enfardadora; D) mecanismo nosador; E) saída do canal da prensa; F) prensa-enfardadora de alta pressão para fardos quadrangulares de grande volume (“Big Baler”).

Fotos: Walter Boller.

b. Rotoenfardadora ou enfardadora de fardos cilíndricos ou redondos: estas máquinas facilitam a mecanização integral do processo de fenação, desde o corte da forragem até a distribuição do feno aos animais, o que não é plenamente atingido pelo sistema de transporte de feno com reboques

autocarregadores e armazenamento a granel ou pelo enfardamento com a utilização de prensas-enfardadoras. Além disso, as enfardadoras de fardos cilíndricos oportunizam uma redução no tempo da operação de enfardamento de 25 a 50 % em relação às prensas-enfardadoras, podendo-se recolher os fardos produzidos (Fig. 14.5-A) até duas ou três semanas após o enfardamento, sem prejuízo para a qualidade da forragem armazenada. As rotoenfardadoras são tracionadas pela barra de tração e acionadas pela tdp do trator e possuem menor número de mecanismos do que as enfardadoras convencionais, sendo a sua manutenção também mais simples. O mecanismo recolhedor de feno é semelhante ao das enfardadoras convencionais, constituído por um molinete com dedos retráteis, apoiado sobre rodas calibradoras. Para um adequado funcionamento das enfardadoras cilíndricas (alimentação uniforme e formação de fardos aproximadamente cilíndricos) é necessário que as leiras de feno apresentem a mesma largura do mecanismo recolhedor (varia entre 1,20 e 1,80 m). Pela ação do mecanismo recolhedor, o feno é deslocado do solo até o mecanismo transportador inferior, onde a camada de forragem é encaminhada até o transportador superior, que apresenta sentido de giro oposto e tem a função de enrolar a camada, como se fosse um tapete. Nas enfardadoras de câmara variável (Fig. 14.5-B e Fig. 14.5-C), o transportador superior é composto por uma série de correias planas paralelas ou por um par de correntes interligadas por barras tubulares muito próximas umas das outras, tensionadas por molas que se situam nas paredes laterais da máquina. À medida que o fardo vai sendo enrolado, aumenta a tensão das correias ou das correntes com barras transversais sobre

a forragem, até que o diâmetro do fardo alcance o tamanho máximo possível, o que é indicado por uma seta que aponta para uma marca em um quadrante. Neste momento, o operador deve parar o trator e proceder ao amarrio do fardo. Nas enfardadoras de câmara fixa (Fig.14.5-D), a forragem é transportada para o interior de uma câmara circundada por cilindros ou rolos com diâmetro aproximado de 25 cm. Estes cilindros giram sobre seus próprios eixos, fazendo com que a massa de feno adquira um movimento rotativo no interior da câmara. À medida que aumenta o volume de feno no interior da câmara, o formato vai se aproximando mais do cilíndrico, sendo que a camada externa apresenta-se mais adensada do que a interna. Quando a pressão dos cilindros sobre o fardo atinge um nível escolhido como adequado através da regulação da máquina, esta dispara um alarme alertando o operador para a necessidade de parar o trator e proceder ao amarrio do fardo. Para ambos os modelos de máquinas, o amarrio do fardo requer que o trator pare e a tdp continue funcionando a 540 rpm. Através de um cordão ou de uma alavanca, o operador do trator comanda o deslocamento de um fio de sisal que é enrolado ao longo do fardo inteiro e posteriormente cortado com o auxílio de uma navalha apropriada. Como alternativa ao fio de sisal, existe uma tela de material sintético, que envolve e dá firmeza ao fardo (Fig. 14.5-A). Para extrair o fardo do interior da máquina, há necessidade de desligar a tdp do trator e acionar os cilindros hidráulicos de controle remoto que elevam uma espécie de comporta até que a abertura seja suficiente para dar passagem ao fardo, que é deslocado para fora da máquina através do transportador inferior, tão logo a tdp seja acionada novamente. Os fardos cilíndricos

podem apresentar diversos diâmetros dentro de uma faixa delimitada por cada máquina (Fig.14.5-E) e pesam de 400 a 700 kg, quando são de feno e de 250 a 400 kg quando são de palha. O seu manuseio e transporte requerem ferramentas especiais (espécie de garfos) montadas ao trator (Fig. 14.5-F) Para armazenar fardos cilíndricos no campo durante alguns meses, convém impermeabilizá-los enrolando-os com um filme plástico. Para esta finalidade, existem máquinas que apanham os fardos cilíndricos, depositando-os sobre uma plataforma rotativa, envolvendo-os com algumas camadas de plástico e depositando-os novamente sobre o solo. Alguns modelos de rotoenfardadoras de última geração já trazem acopladas máquinas que impermeabilizam os fardos cilíndricos, por meio de filmes plásticos, à medida que estes são formados. Enfardando forragem com teor de umidade adequado, o processo de impermeabilização de fardos cilíndricos possibilita utilizar os mesmos para produzir e armazenar silagem no campo.

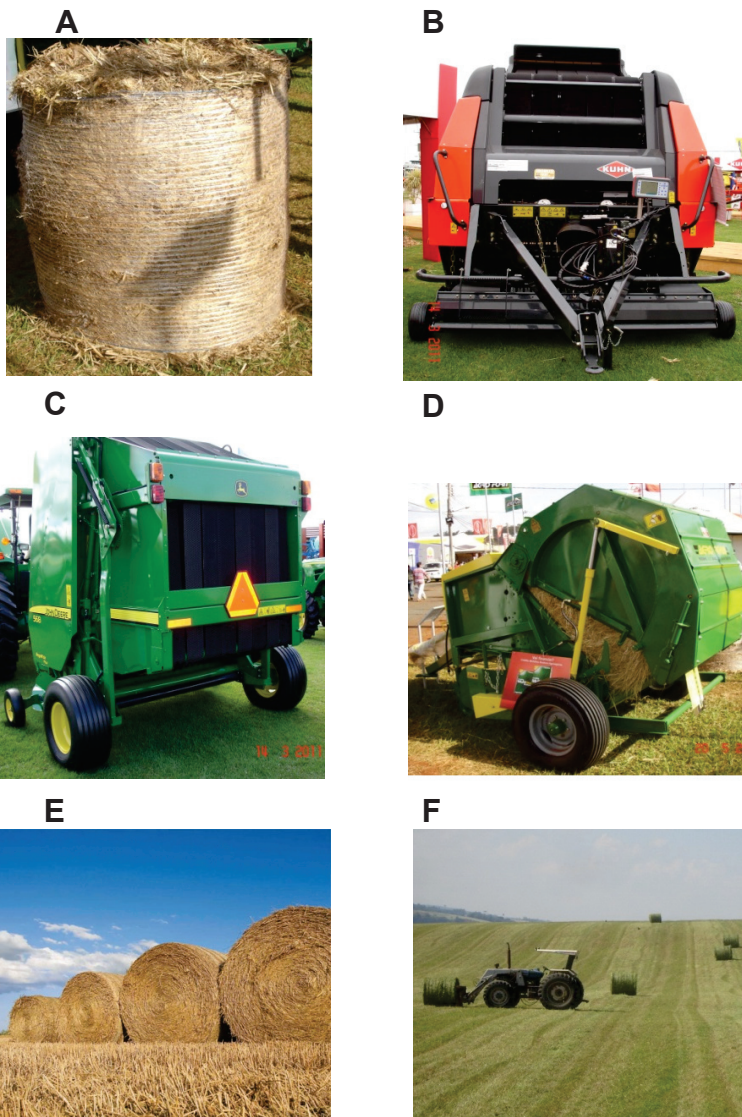


Figura 14.5 A) Fardo cilíndrico enrolado com tela; B e C) Enfardadoras de fardos cilíndricos com câmara variável; D) Enfardadora de câmara fixa; E) diferentes tamanhos de fardos; F) transporte de fardos cilíndricos com trator.

Fotos: Walter Boller.

Os cuidados de manutenção requeridos pelas enfardadoras são mais complexos do que aqueles destinados as demais máquinas componentes de um conjunto de fenação. De modo particular, as prensas-enfardadoras apresentam um maior número de itens a serem observados. Nestas máquinas deve-se lubrificar pinos e articulações, observar o nível e trocar periodicamente o óleo lubrificante da caixa de transmissão, verificar e ajustar a tensão de correias e correntes, calibrar os pneus e ajustar as folgas dos componentes do nosador, sendo esta última uma atividade restrita a técnicos treinados pelas próprias indústrias das máquinas. Para as rotoenfardadoras, valem os mesmos cuidados que para as anteriores, porém não se aplicam os ajustes das folgas do nosador, mecanismo inexistente nestas máquinas, tornando a sua manutenção bem mais simplificada.

c) Empacotadoras de fardos cilíndricos: para manter a qualidade da forragem enfardada na forma de fardos cilíndricos, estes podem ser impermeabilizados através de uma operação de acabamento com o auxílio de um filme plástico que pode “enfaixar” os mesmos. Esta operação permite armazenar os fardos de feno no campo (Fig.14.6-A) com perdas insignificantes e também possibilita armazenar forragem úmida que passa a fermentar, resultando em silagem. As máquinas que realizam esta operação de impermeabilização dos fardos redondos são conhecidas como empacotadoras (Fig.14.6-B e Fig. 14.6-C). Quando acopladas a um trator, estas utilizam um sistema de garfos para erguer os fardos do solo e depositá-los sobre uma plataforma, onde passam a ser “enrolados” com quatro ou mais camadas de um filme plástico devidamente tensionado. A plataforma onde se pro-

cessa o enrolamento dos fardos é movimentada por motores hidráulicos acionados pelo sistema hidráulico do trator e imprime movimentos de rotação e de translação aos fardos redondos, de modo que estes possam ser “enfaixados” por camadas superpostas do plástico. Completada a operação, os fardos tornam a ser descarregados para o solo, mediante a inclinação da plataforma onde foram enrolados e de um mecanismo de amortecimento que suaviza a sua descida. Rotoenfardadoras de última geração, já em uso na Europa, podem ser equipadas com uma empacotadora integrada ao seu sistema, de tal modo que logo após a finalização dos fardos redondos estes passam da câmara de “enfardamento” para uma plataforma, onde são enrolados com filme plástico e posteriormente depositados no solo. Para transportar fardos impermeabilizados são utilizados diversos modelos de garfos mecânicos acoplados a um trator.



Figura 14.6 A) Fardos cilíndricos armazenados a campo; B) detalhes de uma empacotadora de fardos; C) empacotadora de fardos em ação.

Fotos: Walter Boller.

3. Máquinas e equipamentos para ensilagem

O processo da ensilagem utiliza forragem proveniente do campo, com teor de água adequado (30 a 35 % de matéria seca) e em condições de ser submetida a compactação no

interior de silos até alcançar aproximadamente 650 kg/m³. O produto da ensilagem é a silagem, alimento succulento para ruminantes, originado da fermentação láctica da forragem, apresentando pH em torno de 4,0. A eficiência do processo fermentativo depende do grau de picagem das plantas, da exaustão do ar (retirada de oxigênio) do interior do silo, da vedação das superfícies, dos teores de carboidratos e de matéria seca e do poder tampão das plantas que serão ensiladas (TOSI, 1973). Este autor relata que para ensilar plantas forrageiras como gramíneas e alfafa, o seu teor de matéria a seca deve ser elevado a níveis entre 32 e 35 %, através do corte e do murchamento prévio a ensilagem. O autor destaca ainda, que a ensilagem de forrageiras com teor de matéria seca acima de 35 % dificulta a compactação no interior dos silos, possibilitando o aquecimento, a formação de mofos e a deterioração da forragem. Por outro lado, quando as plantas ensiladas apresentam excessivo teor de água, ocorrem perdas significativas de nutrientes por lixiviação e o ambiente torna-se favorável à fermentação butírica, pernicioso para a conservação da silagem.

O tamanho dos fragmentos da forragem é um aspecto relevante para acelerar a fermentação láctica e facilitar a retirada do ar do interior dos silos. Krug et al. (1980) recomendam que forragens como o milho devem ser fragmentadas em pedaços com dimensões entre 5 e 10 mm, para favorecer a compactação dentro dos silos e a ruminação dos animais. Na Tabela 14.3 são apresentadas algumas relações entre o tamanho das partículas e seu teor de matéria seca.

Tabela 14.3 Relações entre o tamanho das partículas e o conteúdo de matéria seca do material a ser ensilado.

Matéria seca (%)	Tamanho máximo das partículas (mm)
Abaixo de 20	200
20 – 25	130
25 – 30	80
Acima de 30	25

Fonte: Raymond et al. (1973) citado por Pizzaro (1978).

No Brasil, as culturas mais utilizadas para a produção de silagem são o milho e o sorgo forrageiro, em função das suas qualidades e das elevadas produções de massa por unidade de área cultivada que proporcionam. Em regiões como Campos Gerais, terceiro planalto e sudoeste do estado do Paraná, norte do Rio Grande do Sul, meio oeste e oeste de Santa Catarina, a utilização de gramíneas e leguminosas de clima temperado (aveia, azevém, trevos, ervilhaca e alfafa), na forma de silagem pré-murchada (mais conhecida como pré-secada), vem contribuindo significativamente para fortalecer a integração lavoura-pecuária. Estas culturas, além de não competir com a produção de grãos de milho, possibilitam a utilização de parte das áreas ociosas no período de outono/inverno e, com isso contribuem para a redução dos custos de produção da atividade leiteira.

O milho e o sorgo são cortados, picados e ensilados diretamente, enquanto que os processos de ensilagem de gramíneas e leguminosas de clima temperado podem seguir diversos esquemas. Sem querer esgotar o assunto, apresenta-se duas possibilidades:

a. efetuar o corte, a picagem e a ensilagem diretas, no momento em que o acúmulo de matéria seca por unidade de área estiver próximo do máximo e o teor de matéria seca das plantas varia entre 20 e 30 % (Fig. 14.7-A). Neste caso, o elevado conteúdo de água do material a ser ensilado pode comprometer a qualidade da silagem (drenagem de nutrientes e estímulo a fermentação butírica);

b. alternativamente, pode ser empregado o método indireto, que consta de corte, condicionamento (estímulo da perda de água), revolvimento, enleiramento, murchamento da forragem, recolhimento, picagem e ensilagem. Este processo denomina-se produção de silagem pré-murchada ou pré-secada e permite obter silagem de boa qualidade com 30 a 35 % de matéria seca, ou até mais. Nas primeiras operações a produção de silagem pré-secada assemelha-se à fenação, porém o tempo de duração destas etapas e o risco de perda do material devido à ocorrência de chuvas são menores.

3.1 Máquinas para produção de silagem no sistema de corte direto

Neste caso são utilizadas máquinas denominadas colhedoras de forragem, que podem ser classificadas em corte simples, duplo corte ou repicadoras e colhedoras de precisão, de acordo com os seus principais órgãos ativos.

3.1.1 Colhedoras de forragem de corte simples ou rotor horizontal

São máquinas que realizam o corte, o picamento e o carregamento da forragem por meio de um rotor horizontal, disposto transversalmente (Fig. 14.7-B), e foram desenvolvidas para colher plantas de porte baixo, talos finos e alta densidade populacional, como são as forrageiras de clima temperado. Sobre o rotor, cuja largura varia entre 1,10 m e 1,50 m e que gira no sentido inverso das rodas de sustentação da máquina com velocidade de 800 a 1700 rpm, podem ser montados diferentes tipos de facas móveis. O modelo de faca mais utilizado nas colhedoras de corte simples é o denominado concha, que é apropriado para cortar, picar e impulsionar a forragem através do tubo de descarga.

Estas máquinas são tracionadas por meio da barra de tração do trator e acionadas pela tdp. A elevada velocidade tangencial das facas (3000 a $4500 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$), em combinação com a velocidade de deslocamento da máquina e a folga entre uma contra-faca fixa (régua) e as facas móveis, proporcionam o corte, a variação do tamanho dos fragmentos, assim como a sua impulsão pelo do tubo de condução. As facas móveis com formato de conchas ou semelhantes promovem uma circulação intensa de ar, importante na elevação do material picado até a carreta e para a colocação de plantas acamadas em posição de corte, reduzindo perdas (CANDELON, 1971).

A forragem colhida pode ser direcionada para trás ou para o lado esquerdo, de acordo com a necessidade, o que vai

depende se o veículo de transporte do material estiver, respectivamente, acoplado na parte traseira da colhedora ou acompanhado a máquina pelo lado esquerdo. Além disso, a distância de arremesso do material pode ser controlada, através de um defletor montado no final da canaleta de descarga, cuja inclinação pode ser ajustada por meio de uma corda que fica ao alcance do operador do trator (Figura 14.7-C).

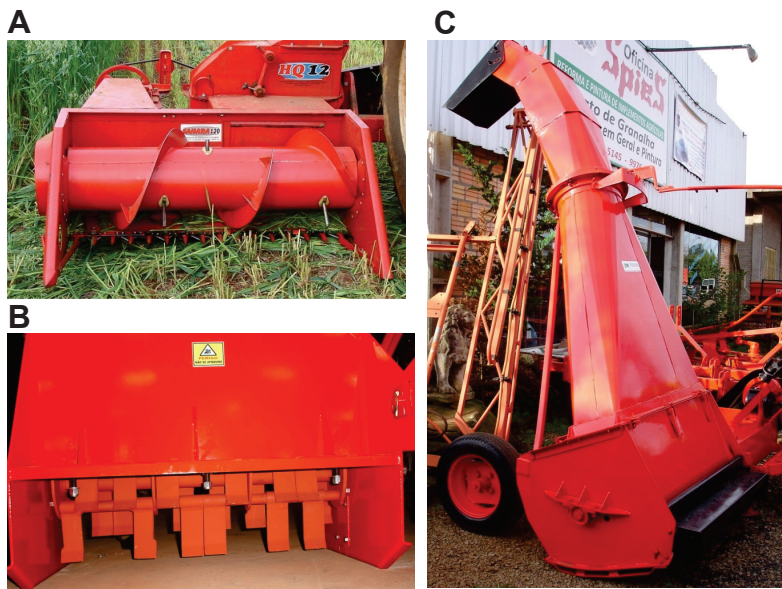


Figura 14.7 A) Plataforma acoplada à uma colhedora de forragem para corte direto de plantas forrageiras; B) detalhe do rotor de uma colhedora de corte simples; C) vista lateral de uma colhedora de forragem de corte simples.

Fotos: Walter Boller.

Conforme Ortiz-Cañavate (1984), são utilizadas três regulagens básicas para alterar o comprimento das partículas de forragem obtidas com a utilização de colhedoras de corte simples:

- a folga entre as facas móveis (que giram por ação do rotor) e as contra-facas fixas pode ser aumentada ou diminuída, ocasionando a produção de fragmentos mais longos ou mais curtos, respectivamente;
- em alguns modelos a rotação do rotor porta-facas pode ser aumentada ou diminuída, reduzindo ou aumentando o comprimento dos fragmentos;
- o aumento da velocidade de avanço da máquina resulta em fragmentos mais longos e vice-versa.

A capacidade de produção dessas máquinas varia entre 5 e 15 t.h⁻¹, enquanto que a potência de acionamento fica entre 5 e 15 kW (6,8 a 20,4 cv), equivalendo a uma potência específica de 1,47 a 2,21 cv.h.t⁻¹ (CANDELON, 1971). Ainda, de acordo com Kepner et al. (1972), para colher alfafa (15 t.h⁻¹), produzindo fragmentos com um comprimento médio de 75 mm, este tipo de máquina exigiu uma potência específica de 0,95 kW.h.t⁻¹.

As vantagens deste modelo de colhedora de forragem residem na simplicidade, no baixo custo de aquisição e na polivalência, uma vez que podem ser utilizadas para outras operações, tais como corte e enleiramento de forragem para murchamento ou para feno, roçada, trituração de restos de culturas, eliminação da parte aérea de batatinha e beterraba, antes da colheita dos tubérculos e das raízes, ou até mesmo para o esparramamento de esterco distribuído no campo em leiras (CANDELON, 1971; ORTIZ-CAÑAVATE, 1984).

Por outro lado, do ponto de vista da qualidade da forragem, as colhedoras de corte simples produzem fragmentos

excessivamente dilacerados e com tamanho de 3 a 5 vezes maior que as colhedoras de precisão equipadas com discos ou cilindros picadores. Isso pode causar dificuldades na compactação dos silos e colocar em risco a obtenção de silagem de boa qualidade. Estas máquinas também são inadequadas para colher milho e sorgo forrageiro, uma vez que não fracionam suficientemente os colmos, além de perder muitos grãos e espigas, que correspondem de 50 a 60 % do valor nutritivo de uma silagem de milho. Para o corte de forragens de porte baixo, existe o inconveniente de que o mecanismo cortador com facas tipo conchas promove uma intensa sucção próximo a superfície do solo, contaminando a forragem colhida com terra e areia, o que deprecia o material como alimento animal (CANDELON, 1971; MANUAL..., 1980).

3.1.2 Colhedoras de forragem de precisão (disco ou cilindro picador)

São máquinas destinadas ao corte, picamento e carregamento de várias espécies de plantas forrageiras, como milho, sorgo, capim-elefante, alfafa, trevos e gramíneas diversas. Com algumas adaptações, podem ser utilizadas para recolher e picar forragens previamente ceifadas e submetidas ao murchamento, como é o caso do material destinado a produção de silagem pré-secada.

Em geral, são acopladas ao sistema de levante hidráulico de três pontos do trator (capacidade para colheita de uma a quatro linhas de plantas ao mesmo tempo), porém podem ser tracionadas por meio da barra de tração do trator, quando

apresentam capacidade para colher duas ou mais linhas (Fig. 14.8-A, B e D). Em ambos todos casos, permitem o acoplamento de carretas (vagões) forrageiras na parte posterior de seu chassi (SILVEIRA, 1997).

A potência de acionamento é obtida do motor do trator, por meio da tdp e a sua transmissão aos diversos órgãos ativos da colhedora é realizada por meio de correias, correntes, caixas de transmissão com engrenagens e, em algumas máquinas mais sofisticadas, com o auxílio de motores hidráulicos.

As colhedoras de forragem adequadas para milho, sorgo, capim-elefante e cana-de-açúcar possuem duas ou mais guias, que ficam posicionadas ao lado do rodado traseiro direito do trator (Fig. 14.8-A) e servem para orientar ou encaminhar os colmos a serem cortados até os mecanismos de corte e alimentação. Para assegurar uma alimentação constante da máquina e evitar sobrecargas (embuchamentos) as faces internas das guias podem estar equipadas com mecanismos transportadores, comumente compostos por correntes, correias recolhedoras (Fig. 14.8-E), ou fusos helicoidais, que se movimentam de modo a conduzir as plantas até os mecanismos de corte e alimentação. Os mecanismos responsáveis pelo corte das plantas já mencionadas, na base dos colmos, encontram-se na parte inferior das máquinas, nas proximidades dos pontos de fixação das guias ao chassi (Fig. 14.8-D). Os mecanismos alimentadores (Fig. 14.8-C e E) possuem as funções de comprimir a forragem, auxiliar no apoio da mesma durante o picamento, controlar o tamanho dos fragmentos e evitar a sobrecarga dos mecanismos picadores, mantendo

o volume de alimentação uniforme. São compostos por um ou dois pares de cilindros com superfícies lisas e dentadas, montados em posição horizontal ou vertical. Para assegurar uma alimentação contínua, as velocidades periféricas de todos os rolos alimentadores devem ser exatamente iguais.

Novos modelos de colhedoras de forragem estão sendo equipados com mecanismos de corte e alimentação rotativos, que facilitam a colheita uma vez que permitem a condução da máquina em qualquer direção, sem necessidade de seguir ao longo das linhas das plantas que serão cortadas (Fig. 14.8-F).

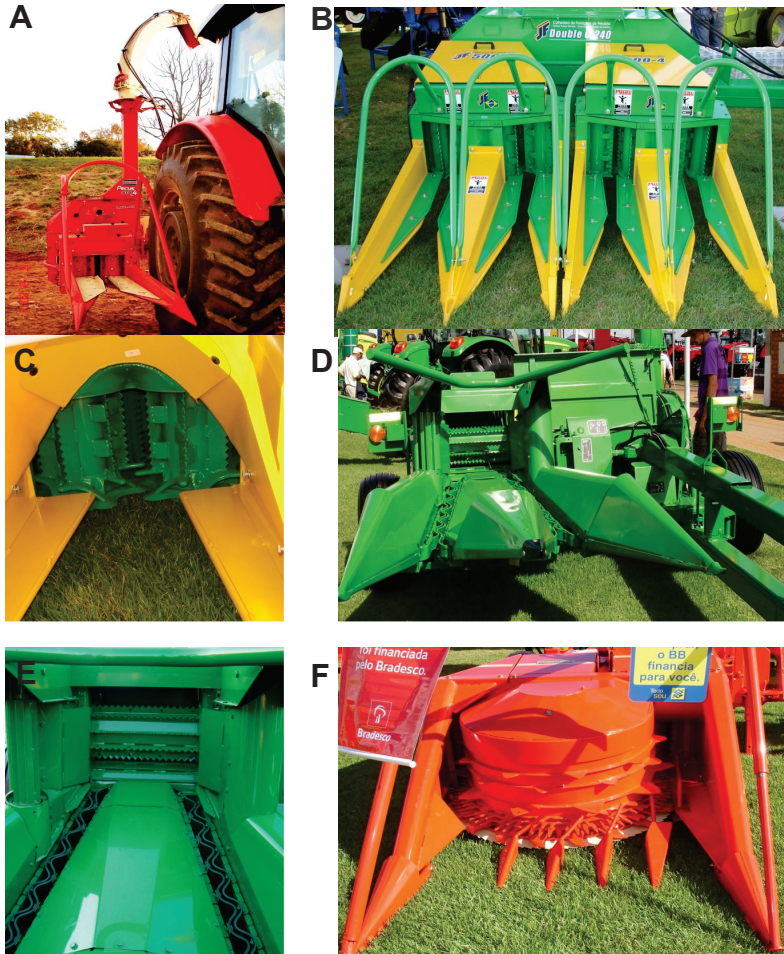


Figura 14.8 A) Colhedora de forragem de precisão, com uma linha, montada a um trator; B) colhedora de forragem com capacidade para 4 linhas; C) mecanismo de corte das plantas na base e rolos alimentadores; D) colhedora de forragem tracionada, com capacidade para duas linhas; E) detalhe das correias alimentadoras que transportam os colmos cortados até os rolos alimentadores do mecanismo picador; F) Mecanismo de corte e alimentação composto por discos.

Fotos: Walter Boller.

De acordo com Kepner et al. (1972), a área de alimentação (área de um retângulo formado entre os rolos alimentadores – Fig. 14.9-A), é um dos fatores limitantes da capacidade de produção deste tipo de colhedora de forragens. A variação da velocidade dos mecanismos alimentadores é o principal recurso para obter diferentes tamanhos de fragmentos da forragem picada. Para alterar a velocidade dos dispositivos de alimentação, utilizam-se engrenagens (Fig. 14.9-B) ou polias intercambiáveis, assim como polias variadoras de velocidades ou motores hidráulicos. Para evitar sobrecargas e danos ao mecanismo encarregado de picar a forragem, o mecanismo de alimentação dispõe de embreagens de segurança deslizantes ou pinos-fusíveis.

Os mecanismos picadores são os responsáveis pelo corte das forragens em fragmentos e, podem ser compostos por disco (volante picador) ou cilindro e por uma placa de cisalhamento (contra-faca fixa), conforme ilustra a Fig.14.9-C. O disco picador consiste de uma placa de aço reforçado. Com diâmetro de 700 a 1000 mm, sobre a qual são fixadas de duas a doze facas dispostas radialmente. Este, gira (velocidade entre 1000 e 4000 rpm) no interior de uma carcaça, com espessura de 150 a 200 mm, onde existe uma só saída (ORTIZ-CAÑAVATE,1984). A placa de cisalhamento está montada na face inferior da “boca de alimentação” e serve de apoio ao material a ser cortado pelas facas montadas sobre o disco. Entre as facas e a placa de cisalhamento deve haver uma folga da espessura de uma folha de cartolina (BALASTREIRE, 1987). Além das facas, o disco suporta uma série de pás ou palhetas, que servem para impulsionar e “soprar” o material picado pelas facas do disco,

através de um tubo de descarga (BEDUSCHI et al., 1984). Por sua vez, o mecanismo de cilindro picador (Figura 14.9-D) consiste em um eixo, com duas ou três flanges, onde se fixam de duas a oito facas, em posição tangencial ou radial. Para evitar picos de torque muito acentuados no eixo do cilindro, normalmente as facas são helicoidais ou inclinadas em relação a este. Entre o gume cortante das facas e a placa de cisalhamento deve haver uma folga, apenas suficiente para evitar o atrito e o conseqüente desgaste prematuro das facas. O diâmetro dos cilindros varia de 400 a 700 mm e a sua largura fica entre 400 e 550 mm. De acordo com o desenho e o posicionamento das facas sobre as flanges do cilindro, este pode promover a impulsão da forragem picada através do tubo de descarga ou requerer um ventilador auxiliar para este fim. As facas com secção transversal curva (em forma de concha), ou de secção reta montadas radialmente sobre o cilindro dispensam o ventilador, enquanto que as de secção suavemente curvadas montadas tangencialmente ao cilindro não são capazes de impelir o material picado. A velocidade periférica dos cilindros picadores-impulsores é de 30 a 33 m.s⁻¹, enquanto que nos demais fica entre 18 e 24 m.s⁻¹.

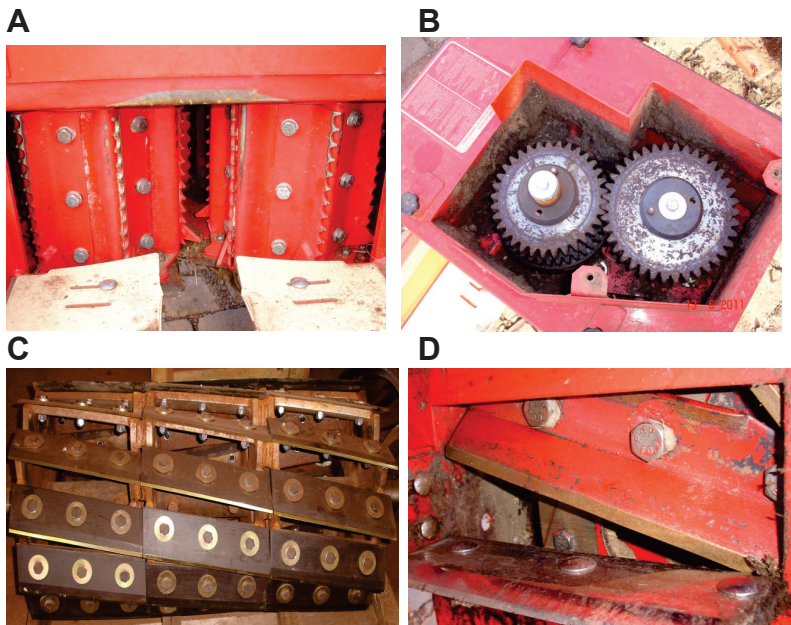


Figura 14.9 A) Par de rolos alimentadores em uma colhedora de forragem de precisão; B) par de engrenagens intercambiáveis para a regulagem do comprimento dos fragmentos; C) disco picador e contra-faca fixa em colhedora de forragem de precisão; D) cilindro picador.

Fotos: Walter Boller.

Os principais fatores determinantes do tamanho dos fragmentos picados são as velocidades de alimentação e do mecanismo picador, o número de facas sobre o disco ou cilindro picador, a folga entre o gume cortante das facas e a placa de cisalhamento, o nível de desgaste destas, o estado de afiamento das facas (fio) e as características das plantas forrageiras que serão colhidas. As colhedoras de forragem de discos e de cilindros apresentam uma pedra de esmeril embutida, cuja função é de afiar as facas, quando necessário. Após cada afiação, deve-se corrigir a folga entre

as facas montadas nos discos ou nos cilindros picadores e a placa de cisalhamento.

O comprimento teórico dos fragmentos é dado pelo avanço dos mecanismos de alimentação, durante o tempo decorrido entre a passagem de uma faca e da sua vizinha, em relação à placa de cisalhamento.

Após o picamento, a forragem deve ser impulsionada com força suficiente para alcançar a altura necessária ao carregamento de carretas, vagões forrageiros ou caminhões, através de um conduto vertical com extremidade curvada (Fig.14.10-A), á semelhança de um “pescoço de cisne”, denominado tubo de descarga (ORTIZ-CAÑAVATE,1984). A parte inferior do tubo vertical é fixa e a superior é móvel, permitindo que o tubo de descarga possa ser direcionado para a esquerda, para a direita ou para trás (ângulo de giro de aproximadamente 180 graus) e possui, na sua extremidade, um defletor (leme) destinado a distribuir adequadamente a forragem picada sobre um veículo que acompanha a colhedora na operação de colheita. A orientação do tubo de descarga e do defletor pode ser feita manualmente, por meio de alavancas e (ou) cordas, a partir do assento do tratorista, ou com o auxílio de cilindros hidráulicos de controle remoto, assim como através de dispositivos elétricos controlados a distância.

A capacidade de produção das colhedoras de forragem pode ser limitada, principalmente pelos mecanismos de alimentação, pela potência disponível na tomada de potência do trator e pela habilidade dos mecanismos picadores e impulsores em processar e transportar a forragem.

As principais vantagens das colhedoras de forragem de discos ou de cilindros picadores são a produção de fragmentos menores, a menor demanda de potência específica, a ausência de terra e areia na forragem e a elevada eficiência na colheita de silagem de milho. Como inconvenientes constam o elevado custo de aquisição, a maior exigência de manutenção e, na maioria dos casos, a falta de polivalência (ORTIZ-CAÑAVATE, 1984).

3.1.3 Colhedoras de forragem de duplo corte (repicadoras)

São máquinas tracionadas, constituídas pela associação de um rotor horizontal (semelhante ao utilizado nas colhedoras de corte simples) com um mecanismo picador (denominado repicador), constituído por um disco ou por um cilindro e seu uso é indicado para o corte direto de forrageiras de porte baixo ou ao recolhimento de forragem pré-murchada (Fig. 14.10-B). Preferencialmente, o rotor horizontal deste tipo de máquina deve ser equipado com facas em forma de “S”. Neste caso, não é usada contra-faca fixa junto ao rotor horizontal, cujas funções são: cortar as plantas forrageiras e encaminhá-las até um transportador helicoidal que, por sua vez, alimenta o dispositivo repicador (CANDELON, 1971). O transportador helicoidal (sem-fim de alimentação) está disposto paralelamente ao rotor de corte, na parte superior traseira e gira no interior de uma calha, onde recebe a forragem cortada proveniente do rotor. Ao girar, o sem-fim desloca a forragem cortada, introduzindo-a no mecanismo repicador, onde este produz fragmentos de tamanho variável, impulsionando-os para cima de um veículo de transporte, através de um tubo de descarga ajustável (Fig. 14.10-B).

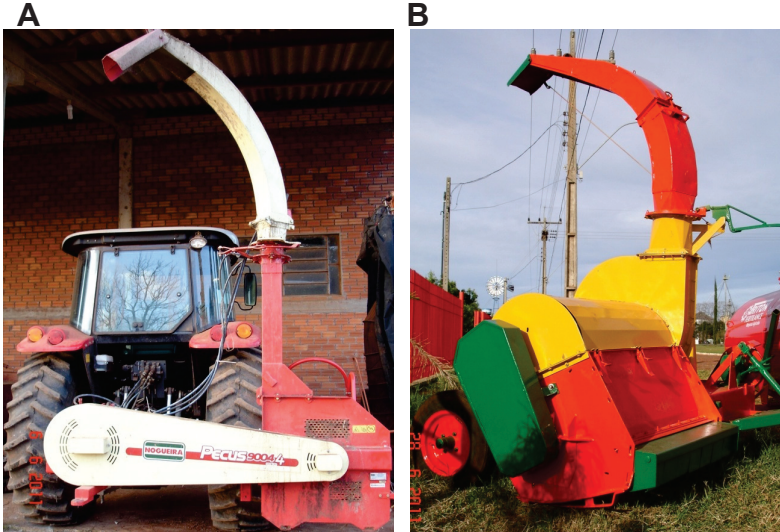


Figura 14.10 A) Vista traseira de uma colhedora de forragem de precisão montada a um trator, observando-se o tubo de descarga com leme na extremidade; B) colhedora de forragem de duplo corte, com mecanismo repicador de disco.

Fotos: Walter Boller.

As regulagens das colhedoras de duplo corte recaem sobre a altura de corte e o tamanho dos fragmentos. A primeira é alterada variando-se a posição das rodas em relação ao chassi, por meio de uma luva telescópica semelhante ao braço do terceiro ponto do levante hidráulico do trator, que fica entre a barra de tiro e o chassi da colhedora. Para modificar o comprimento dos fragmentos, são utilizados os mesmos princípios já descritos no item 3.1.2. (colhedoras de precisão), embora não seja possível obter cortes tão curtos e uniformes quanto naquelas máquinas.

As vantagens e os inconvenientes deste tipo de colhedora de forragem são intermediárias aos dois tipos anteriores.

Como vantagem, o comprimento dos fragmentos é regulável entre 10 e 100 mm e as facas em formato de “S” não promovem aspiração de terra e outras impurezas, e a polivalência pode ser maior do que nas colhedoras de discos ou cilindros picadores. Quanto à colheita de milho, as desvantagens persistem de modo semelhante à máquina de corte simples, pois apesar de uma melhor fragmentação dos colmos recolhidos, o recolhimento de espigas continua a ser deficiente. Este inconveniente pode ser contornado por meio da adaptação de dispositivos especiais para colher milho, porém isso eleva o custo da máquina ao nível dos equipamentos mais apropriados para o milho, sem a correspondente equivalência na qualidade do picado (CANDELON, 1971).

3. 2 Máquinas para produção de silagem pré-murchada ou pré-secada

Para produzir esta modalidade de silagem, utilizam-se algumas das máquinas já descritas para o processo da fenação, além de uma máquina para recolher e cortar a forragem. O corte da forragem é realizado por meio de segadoras ou de segadoras-condicionadoras, sendo que estas últimas proporcionam um menor tempo entre o corte e o recolhimento da forragem (maior velocidade de perda de água). Para homogeneizar a forragem cortada é realizado o revolvimento da mesma com o auxílio de ancinhos mecânicos, o que também acelera a sua perda de água. Para enleirar a forragem, também são utilizados ancinhos mecânicos. O recolhimento e o corte da forragem em fragmentos de tamanho adequado para a ensilagem pode ser realizado

com diversas máquinas. As colhedoras de forragem de rotor horizontal (corte simples) e as repicadoras podem recolher e picar a forragem, porém não proporcionam uniformidade no tamanho dos fragmentos. As colhedoras de forragem de precisão oferecem um corte mais curto e mais uniforme, porém necessitam a adaptação de um cabeçote recolhedor. Este é composto por uma plataforma contendo um molinete recolhedor horizontal, denominado “pick-up”. Os dedos retráteis do molinete “pick-up” (Fig. 14.11-A e B) giram em sentido inverso ao deslocamento da máquina e apanham a forragem previamente enleirada, a partir da base da leira, elevando-a até um transportador helicoidal ou caracol que, por sua vez, transporta o material até os mecanismos de alimentação da colhedora de forragem.

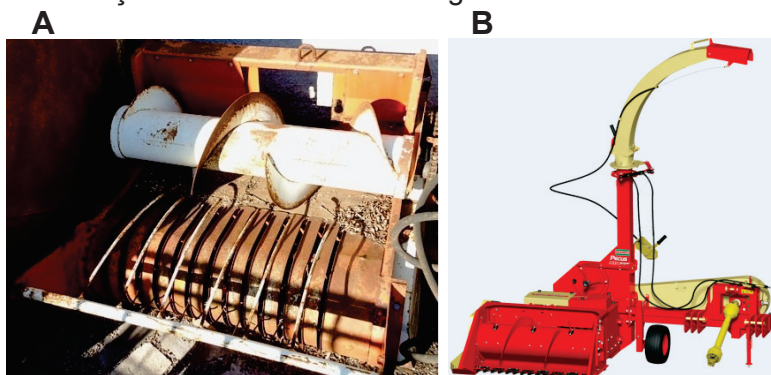


Figura 14.11 A) Kit recolhedor de forragem pré-secada; B) colhedora de forragem de precisão com kit para recolher forragem pré-secada.

Fotos: Walter Boller.

Outra alternativa cujo uso vem sendo feito por produtores da região dos Campos Gerais do Paraná são as carretas recolhedoras-picadoras. Estas utilizam um molinete pick-up para levantar a leira de forragem pré-murchada até um sistema

de corte semelhante aos picadores de palhas utilizados em colhedoras de grãos. Este sistema consta de um conjunto de facas fixas, entre as quais movimenta-se um conjunto de facas móveis, presas a um rotor. A forragem que é encaminhada para dentro da carreta obrigatoriamente passa entre estes dois conjuntos de facas, resultando em fragmentos de tamanho variável, com média de 10 a 12 cm de comprimento. O enchimento da carreta ocorre de baixo para cima e após carregada, a própria carreta serve para transportar a forragem até o silo, onde realiza o descarregamento do material a ser ensilado.

3.3 Colhedoras de forragem autopropelidas

Para a colheita de forragens em grandes áreas, em tempo limitado, vem sendo colocadas no mercado colhedoras de forragem autopropelidas, também conhecidas por automotrizes (Fig.14.12-A). No Brasil existem poucos fabricantes, sendo a maioria das máquinas de grande porte importadas da Europa ou dos Estados Unidos da América do Norte. Estas máquinas podem colher de 100 até 200 t/h ou mais de forragem e a potência dos seus motores podem chegar até a 600, 700 até 800 cv ou mais. Devido à sua elevada capacidade de produção, normalmente estas máquinas são acompanhadas por caminhões equipados com carroceria basculante (Fig. 14.12-B), que agilizam o transporte e a descarga da forragem picada nos silos. Os modelos atuais de colhedoras automotrizes utilizam mecanismos de corte e alimentação rotativos (Fig. 14.12-C e D), que permitem a condução da máquina em qualquer direção, não sendo necessário acompanhar as linhas de

plântio das culturas. Isso agiliza ainda mais a capacidade destas máquinas, pois reduz as necessidades de manobras de cabeceiras e aumenta o tempo útil das colhedoras no campo. Via de regra, as colhedoras de forragem automotrizes utilizam mecanismos de cilindros picadores, de precisão, podendo em alguns modelos o comprimento dos fragmentos ser ajustado em operação, a partir da cabina do operador.

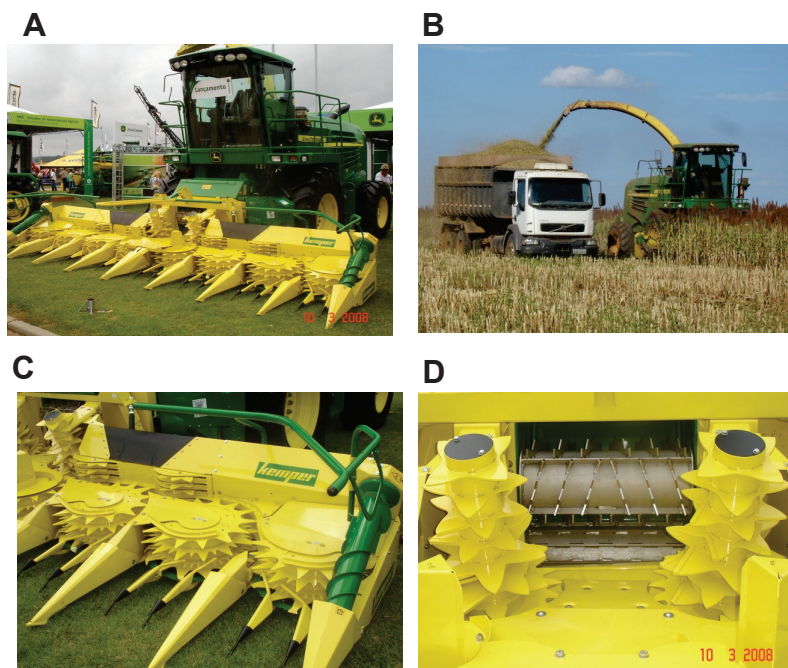


Figura 14.12 A) Vista frontal diagonal de uma colhedora de forragem automotriz; B) colhedora automotriz em operação, colhendo silagem de sorgo forrageiro, acompanhada de caminhão com carroceria basculante; C e D) mecanismos de corte e alimentação de uma colhedora de forragem automotriz.

Fotos: Walter Boller.

Como alternativa às colhedoras automotrizes importadas, no Sul do Brasil, encontram-se máquinas adaptadas, à

partir de antigas colhedoras de grãos. Estas máquinas (Fig. 14.13-A e B) operam com motores na faixa de 140 a 200 cv ou mais e produzem de 30 a 60 t/h de silagem de milho, de forrageiras de inverno assim como de silagem pré-murchada (pré-secada). Devido à utilização de parte dos mecanismos das colhedoras de grãos (Fig. 14.13-C e D), estas máquinas chegam ao mercado com preço mais acessível do que as colhedoras importadas.

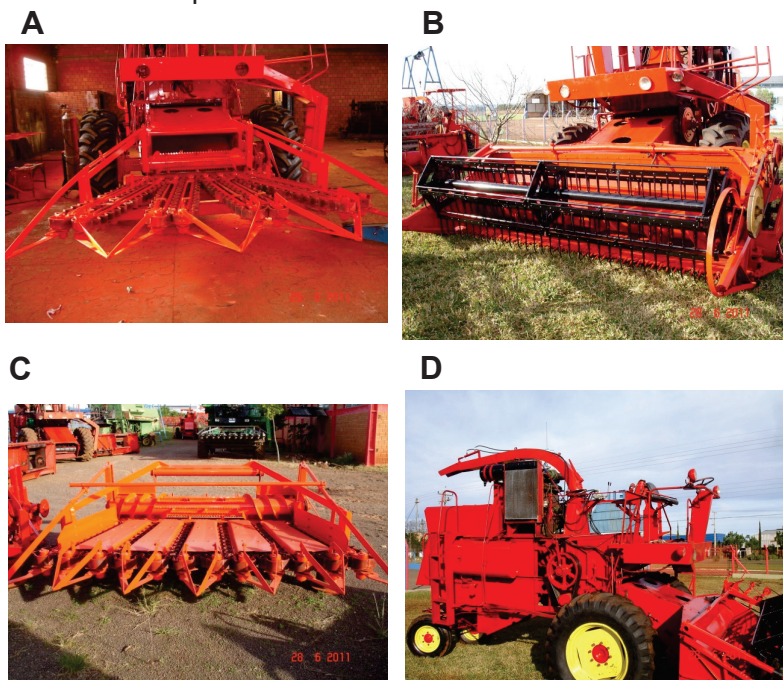


Figura 14.13 A) Colhedora de forragem automotriz, adaptada para a colheita de silagem de milho ou sorgo, à partir de uma colhedora de grãos; B) plataforma para colheita de silagem de milho ou sorgo com espaçamento entrelinhas reduzido; C e D) colhedora de forragem para corte direto de plantas forrageiras de inverno.

Fotos: Walter Boller.

3. 4 Resultados de ensaios de colhedoras de forragem

Silveira (1994) relata que os ensaios são constatações práticas das características técnicas e operacionais das máquinas agrícolas e tem por objetivo fornecer informações precisas sobre as características técnicas e do desempenho de cada máquina, de forma ordenada, através de relatórios.

Os livros didáticos clássicos sobre máquinas agrícolas citam alguns resultados de ensaios de colhedoras de forragem. Outra fonte de informações sobre o mesmo tema são os periódicos especializados e relatórios de centros de ensaios de máquinas agrícolas.

De acordo com Candelon (1971), a potência de acionamento de colhedoras de forragem de corte simples (rotor horizontal) variou entre 30 e 37 kW (40 e 50 cv), para uma capacidade de produção entre 5 e 15 t.h⁻¹, o que corresponde a uma potência específica de 2 a 3 cv.h.t⁻¹. Por sua vez, Kepner et al. (1972), observaram uma necessidade de 1,3 hp.h.t⁻¹ de alfafa colhida com o mesmo tipo de equipamento e produzindo 15 t.h⁻¹ de fragmentos de comprimento médio de 75 mm. Ensaio realizado no CEMA (Centro de Ensaios de Máquinas Agrícolas da Universidade Federal de Pelotas) revelou que uma colhedora de corte simples produziu fragmentos de milho, cana-de-açúcar e capim-elefante com tamanho médio entre 120 e 190 mm, conforme a regulagem da folga entre as facas móveis e a contra-faca fixa. Neste ensaio também foi verificado que o teor de areia médio nas forragens colhidas variou entre 1,0 e 3,5 % (CEMA..., 2000).

Para colhedoras de discos e de cilindros picadores, Candelon (1971) menciona a necessidade de 1,0 a 1,5

cv.t.h⁻¹ de forragem picada. Strasser (1984) afirma que a potência de acionamento é inversamente proporcional ao comprimento do corte desejado e que praticamente não difere entre mecanismos de discos e de cilindros picadores. Em trabalho de campo, Strasser (1984) comparou dez modelos de colhedoras de forragem de precisão, para uma linha de milho, colhendo a cultura com 30 % de matéria seca e produzindo fragmentos de 4,1 a 5,8 mm de comprimento médio. Quando a taxa de alimentação foi de 15 t.h⁻¹, a potência de acionamento variou entre 23 e 31 kW (31 e 42 cv), e a 20 t.h⁻¹ oscilou de 29 a 39 kW (39 a 53 cv). Estes resultados equivalem, respectivamente, a potências específicas de 2,0 a 2,8 e 1,9 a 2,6 cv.h.t⁻¹ ou 1,53 a 2,06 e 1,45 a 1,95 kW.h.t⁻¹.

Para determinar a máxima capacidade de produção das dez máquinas acima citadas, Strasser (1984) utilizou um trator com potência de 68 kW (93 cv) na tdp, aumentando progressivamente a sua velocidade de deslocamento até ocorrer o embuchamento das colhedoras. O pesquisador constatou que, na maioria das máquinas, o ponto limitante foi o mecanismo de alimentação, sendo que em três modelos a potência na tdp do trator foi insuficiente para atingir a sobrecarga da máquina. Estas três colhedoras atingiram níveis de produção de 35 t.h⁻¹, enquanto que as demais ficaram entre 24 e 29 t.h⁻¹. Os níveis de ruído detectados na posição do ouvido do operador do trator, foram de 97 a 102 dB(A), o que classifica a operação com uma das mais ruidosas e requer como medida de proteção à saúde do operador o uso de protetores auriculares.

Comparando cinco modelos de colhedoras de forragem tratorizadas, para duas linhas de milho, Strasser (1986)

observou que as potências de acionamento ficaram entre 34 e 53 kW (46 e 72 cv). Neste ensaio, a produção das máquinas foi de 25 t.h⁻¹ de forragem picada de milho, com 35 % de matéria seca e o comprimento médio dos fragmentos variou entre 3,0 e 5,7 mm. A combinação destes resultados mostra que a potência específica requerida por estas colhedoras variou de 1,8 a 2,9 cv.h.t⁻¹ ou 1,36 a 2,12 kW.h.t⁻¹. As mesmas máquinas, quando equipadas com plataformas “pick-up” para recolhimento de gramíneas previamente ceifadas e murchadas (25 a 50 % de matéria seca), exigiram de 38 a 69 kW (52 a 94 cv), para reduzir 7 t.h⁻¹ de matéria seca em fragmentos que mediram entre 5,7 e 16,8 mm de comprimento. Constatou-se deste modo, que a potência específica variou de 7,4 a 13,4 cv.h.t⁻¹ ou de 5,43 a 9,86 kW.h.t⁻¹ de matéria seca processada.

Para colher uma mistura de plantas de trevo vermelho e azevém, a uma taxa de alimentação de 15 t.h⁻¹, Kepner et al. (1972), constataram que a potência de acionamento específica requerida por uma colhedora de duplo corte foi de 2,1 hp.h.t⁻¹, enquanto que para colher gramíneas e misturas destas com alfafa, foram necessárias potências específicas de 2,5 a 4,2 hp.h.t⁻¹, respectivamente.

Beduschi e Andrade (1990) avaliaram as características operacionais de uma colhedora de forragem na colheita de uma linha de milho, cuja produtividade de forragem foi de 31,46 t.ha⁻¹. Nestas condições, a máquina acionada por um trator com potência de 70 cv no motor, apresentou uma capacidade de campo operacional de 0,183 ha.h⁻¹. Em relação a capacidade de produção, estes autores verificaram

que o conjunto apresentou uma capacidade de produção operacional de $5,76 \text{ t.h}^{-1}$, enquanto que o rendimento de campo efetivo (tempo útil / tempo total no campo) foi de 74,69 %.

Um ensaio com sete colhedoras de forragem autopropelidas e duas tracionadas, realizado na DLG (órgão oficial de pesquisa agropecuária da Alemanha), mostrou que as autopropelidas apresentavam potência no motor, variando entre 157 e 260 kW (214 a 355 cv), enquanto que a potência dos motores dos tratores que acionaram as colhedoras tracionadas foi de 95 e 132 kW (129 e 180 cv). As máquinas produziram, entre 12,8 e 35,2 t de matéria seca de milho/h, quando este apresentava um teor de matéria seca de aproximadamente 42 %. Todas as máquinas ensaiadas apresentaram um desempenho considerado muito bom, de acordo com os critérios adotados pela DLG (HARMS, 1997).

Observa-se, portanto, que os resultados sobre o desempenho de colhedoras de forragens encontrados na literatura apresentam uma larga faixa de variação. Estas informações são de grande utilidade para o planejamento das operações de colheita mecanizada de forragens, assim como para os fabricantes das colhedoras de forragem, que deverão procurar um contínuo aperfeiçoamento dos seus produtos, buscando alcançar níveis satisfatórios de eficiência técnica, econômica e energética.

3.5 Máquinas e equipamentos para desensilar e distribuir silagem

Após um tempo mínimo de 21 dias de fermentação anaeróbica, no interior dos silos, a silagem está pronta para ser servida aos animais. A retirada da silagem do interior dos silos denomina-se desensilagem e os equipamentos utilizados vão depender do tipo de silo. Um aspecto importante e que a operação de desensilagem deve evitar o máximo possível a movimentação da silagem que permanece no interior do silo, sob pena de acelerar a deterioração desta.

Para silos verticais, existem sistemas de descarga inferior e descarga superior (retirada das camadas de cima para baixo), em geral constituídos por roscas sem-fim e outros tipos de transportadores que retiram gradativamente pequenas camadas de forragem ao redor do silo.

Nos silos horizontais, a desensilagem pode ser realizada manualmente, com o auxílio de garfos ou forcados, pás de corte e outros instrumentos cortantes. Neste caso, a silagem costuma ser transportada até os cochos, onde será oferecida aos animais, com o auxílio de carrinhos de mão ou de carrinhos de quatro rodas de fabricação caseira. Para a desensilagem mecanizada, existem diversos equipamentos no mercado. Uma das alternativas, para silos horizontais, consiste em uma espécie de rotor horizontal acionado pela tdp de um trator, combinado com um depósito acoplado aos braços do sistema de levante hidráulico de três pontos (Fig. 14.14-A e B). Este rotor gira e desloca-se de cima abaixo, de modo a “desgastar” uma camada do silo e deslocá-la para

dentro do depósito de silagem. No interior deste depósito, encontra-se um misturador (Fig. 14.14-C) que permite adicionar complementos à silagem, com a finalidade de obter uma ração balanceada ou adequada às necessidades dos animais que deverão consumi-la. No fundo do depósito, encontra-se uma rosca sem-fim, cuja finalidade é promover a descarga da silagem para dentro do cocho, enquanto que o conjunto trator /desensiladora se desloca ao longo deste. Existem versões de maior tamanho, onde o rotor desensila a forragem, que cai sobre uma correia transportadora, a qual por sua vez transporta a silagem para uma carreta forrageira, que pode ser misturadora ou não. Carretas misturadoras e distribuidoras de silagem podem ser encontradas com diferentes capacidades de carga. O mercado brasileiro oferece carretas misturadoras/distribuidoras de silagem, com possibilidade de acoplamento de balanças eletrônicas, facilitando aos usuários a formulação de rações adequadas a cada tipo de rebanho (Fig. 14.14-D). Estas homogeneizam a forragem em aproximadamente três minutos e dispõem de uma esteira para descarga lateral, ao longo de cochos.



Figura 14.14 A) Desensiladora/distribuidora de silagem para montagem em trator; B) desensiladora em ação; C) detalhe da câmara e dos mecanismos misturadores; D) misturadora/distribuidora de ração montada em caminhão, em operação

Fotos: Walter Boller.

Máquinas autopropelidas equipadas com balanças eletrônicas possibilitam a formulação de rações através da desensilagem, da adição de componentes concentrados e da sua mistura, com imediata distribuição aos animais em cochos apropriados. Existem ainda, diversos dispositivos para acoplamento a tratores agrícolas, que permitem cortar blocos de silagem e transportá-los até o local onde serão consumidos pelos animais, assim como são utilizadas pás-carregadoras frontais com adaptação de garfos que promovem uma ação

similar a uma mordedura na silagem, retirando um grande volume de cada vez.

Também já se encontram no mercado brasileiro máquinas que se destinam a fragmentar fardos cilíndricos, formular e distribuir rações para ruminantes com a adição de minerais e outros componentes, completando o ciclo da mecanização da fenação.

4. Considerações finais

A mecanização dos processos de colheita e conservação de forragens é uma realidade no campo, podendo ser parcial ou total e vem contribuindo para a obtenção de alimentos de qualidade, viabilizando o progresso da pecuária. Independentemente do processo adotado, ocorrem perdas e estas variam muito com as práticas de manejo que devem ser as mais adequadas para cada situação, uma vez que o custo das operações mecanizadas é elevado e se associado a práticas incorretas pode inviabilizar a conservação de forragens. Por outro lado, a utilização das melhores técnicas de fenação ou de ensilagem permite assegurar aos rebanhos o aporte de alimento de excelente qualidade e de baixo custo ao longo do ano, em especial nos períodos de menor oferta de forragem no campo, evitando prejuízos consideráveis aos rebanhos.

A intensidade da mecanização a ser adotada vai depender, entre outros aspectos, dos recursos existentes em cada estabelecimento, do tipo de planta forrageira, do tamanho da área a ser colhida e do tempo disponível. Uma prática que vem ganhando adeptos nas propriedades de pequeno e médio porte é a terceirização de algumas das operações

de conservação de forragens que envolvem maior utilização de máquinas, viabilizando desta forma a movimentação de volumes consideráveis de material em curto espaço de tempo, o que torna real um melhor aproveitamento das forragens nestes estabelecimentos.

5. Referências Bibliográficas

BALASTREIRE, L. A. Colheita. In: BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. p. 300-304.

BEDUSCHI, L. C., ANDRADE, P. **Avaliação das características de uma colhedora de forragem**. Jaboticabal: UNESP, FCAVJ, [1990]. 20 p. Datilografado.

BEDUSCHI, L. C.; COAN, O.; ORTOLANI, A. F. Máquinas para ensilagem. **A Granja**, Porto Alegre, v. 40, n. 437, p. 52-55, 1984.

BOLLER, W.; FONTANELI, R. S.; SILVA, D.; SARTORI, V. Efeito do corte de aveia para feno, com condicionadora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina,: IAPAR: SBEA, 1991. v. 2. p. 1266-1275.

CANDELON, P. **Las maquinas agrícolas**. Madrid: Mundi-Prensa, 1971. p. 392-411.

CEMA. SÍNTESE do relatório de ensaio da colhedora de forragem Geva 2000. Pelotas: UFPel: Centro de Ensaios de Máquinas Agrícolas, 2000.

EIMER, M. Hay harvesting: mowing and treating of hay. In: MATTHIES, H. J.; MEIER, F. **Yearbook agricultural engineering**. Frankfurt: Max-Eyth-Gesellschaft Agratechnik, 1997. p. 135-141.

HARMS, H. Hay harvesting: crop collection. In: MATTHIES, H. J.; MEIER, F. **Yearbook agricultural engineering**. Frankfurt: Max-Eyth-Gesellschaft Agratechnik, 1997. p. 142-148.

KEPNER, R. A.; BAINER, R.; BARGER, E. L. **Principles of farm machinery**. Westport: Avi, 1972. 486 p.

KRUG, E. E. B.; FAVRETO, D.; KRABBE, H. et al. **Silagem: manual prático**. Porto Alegre: Cooperativa Central Gaúcha de Leite, 1980. p. 9-60.

MANUAL do operador. Campinas: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas, [1980]. p. 1-3.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las maquinas agricolas: y su aplicación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 492 p.

PIZARRO, E. A. Conservação de forragens: silagem. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, n. 47, p. 5-31, 1978.

SILVEIRA, G. M. **Ensaio de máquinas agrícolas: notas de aulas**. Botucatu: UNESP, 1994.

SILVEIRA, G. M. **Máquinas para pecuária**. São Paulo: Nobel, 1997. 168 p.

SILVESTRINI, J. G. Comparación de dos tipos de segadoras sobre la henificación de avena. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA RURAL, CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 4., 1998, La Plata. **Anais...** La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 1998. 1 CD-ROM.

STRASSER, H. Vergleichsprüfung Anbaumaishäcksler. **FAT Blätter für Landtechnik**, TÄNIKON, n. 230, p. 1-12, 1984.

STRASSER, H. Vergleichsprüfung von zweireihigen schwenkbaren anbaumaishäckslern. **FAT Berichte**, TÄNIKON, n. 238, 1986.

TOSI, H. Conservação de forragem como consequência do manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1., 1973, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ: FEALQ, 1973. p. 117-140.