

Máquinas para colheita de cereais

Prof. Jose Paulo Molin

A mecanização da colheita das lavouras é um processo evolutivo que ainda não atingiu seu máximo. Algumas culturas ainda requerem considerável avanço tecnológico para que se viabilize a colheita mecanizada, porém, no caso dos grãos, já avançou consideravelmente e o agricultor tem acesso a soluções de diferentes formas e níveis tecnológicos para a colheita com máquina.

Avançou-se na oferta de soluções para pequena escala de produção e na produção em escala, tem-se máquinas com considerável versatilidade. A partir de algumas configurações, a mesma máquina hoje colhe grãos miúdos (trigo, cevada, aveia, arroz), milho, soja, feijão e outros. Via de regra, essas máquinas têm origem na colheita do trigo; as demais culturas foram sendo inseridas e as máquinas foram sendo adaptadas a elas.

No sistema de produção de grãos vigente no Brasil, sem o preparo convencional do solo, a colheita passou a ser, na maioria dos casos, a operação mais cara e a colhedora, a máquina mais complexa e com maior custo de aquisição. Na agricultura de clima temperado, a colheita é ainda mais cara, pois as máquinas operam um número limitado de horas por ano. No nosso meio, em que boa parte das lavouras permitem duas safras por ano, o agricultor tem maior utilização das máquinas, o que contribui para diluir o custo do capital.

Na propriedade produtora de grãos, dependendo do tamanho da operação, após a colheita, os grãos seguem para etapas ainda internas, que dependerão especialmente do destino final do produto. Normalmente os grãos passam por remoção de impurezas não efetuadas pela colhedora para então seguir para a secagem, que pode ou não ser seguida de limpeza ainda mais criteriosa, antes do armazenamento ou expedição. Caso os grãos sejam destinados como semente, o processo segue para etapas de seleção e classificação destas, especialmente por critérios de tamanho e forma.

O processo da colheita

O processo da colheita de grão compreende algumas etapas fundamentais. A primeira envolve o ato de **cortar** ou arrancar a planta, ou mesmo parte da planta. No caso do milho, arranca-se a espiga (despigar); no caso do amendoim arranca-se a plantas. Na sequência ocorre a debulha e aqui nos referimos ao **trilhar**. Para que isso aconteça, dependendo da cultura, ocorre uma etapa intermediária de remoção da palha, como do caso da espiga de milho. Por último ocorre a separação entre o grão já debulhado do restante da planta ou de parte da planta (palha) e de suas pequenas impurezas (palhiço). Esse é o ato de **limpar**.

No entanto, para algumas culturas essas três etapas não podem ser feitas num mesmo momento, sendo necessário **secar** a planta ou parte dela antes de debulhar ou trilhar. Isso ocorre quando a secagem natural compromete a colheita com perdas prematuras, especialmente em função da desuniformidade da maturação e/ou secagem da planta.

Na colheita manual de feijão, por exemplo, primeiramente o produtor arranca os pés, os estende no chão, normalmente em um terreiro por horas ou dias, e depois de secos, faz a debulha. Esta, é feita com a aplicação de alguma energia, comumente batendo os pés (ramas) com uma vara. Finda essa etapa ele recolhe e chacoalha as ramas para que os grãos soltos no meio dessa palha caiam no terreiro. Por último, ele junta os grãos misturados com palhiço e os submete ao vento (abanar) para finalizar a limpeza.

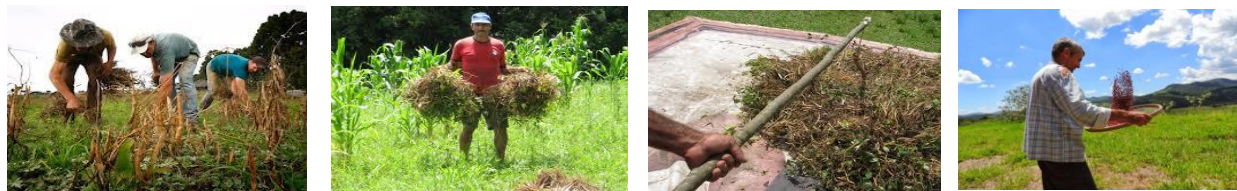


Figura 1. Colheita manual de feijão: arrancar, levar para o terreiro para secar, trilhar e limpar.

Sistemas de colheita

A colheita de grãos pode ser feita de forma totalmente **manual**, que ocorre especialmente para algumas culturas em pequena escala. É o caso do feijão, arroz, milho e outras culturas, em que o produtor faz a colheita sem o auxílio de ferramentas ou equipamentos. Caso seja utilizado algum equipamento (máquina) no processo, a colheita é denominada de **semi mecanizada**. É o caso da inserção de uma debulhadora de espigas de milho, ou de uma máquina mais sofisticada, como a **trilhadora estacionária**.



Figura 2. Debulhadora de milho, de acionamento manual (esquerda) e trilhadora estacionária acionada pela TDP do trator, trilhando feijão (direita)

Por último, tem-se a colheita **mecanizada**, em que todas as etapas são feitas com máquinas, dispensando totalmente a interferência humana, incluindo qualquer manipulação do produto durante o processo.

A seleção por um desses sistemas depende do grau de mecanização permitido pela cultura, das condições de relevo das lavouras e de fatores econômicos e de escala. A colheita manual é praticada em pequena escala e em atividades predominantemente de subsistência. Já a colheita semi mecanizada é largamente adotada no Brasil; é o caso do feijão arrancado manualmente e trilhado em máquinas estacionárias (popularmente conhecida como “batedeira”); da mesma forma, o milho despigado manualmente é trilhado em trilhadoras estacionárias.

A colheita mecanizada pode ainda ser praticada de forma **direta**, numa única etapa, ou de forma **indireta**, normalmente em duas etapas. Os canadenses se destacam nessa prática e utilizam as **ceifadoras** para cortar e enleirar as culturas. Tal prática teve origem no fato deles, em função da latitude em que se encontram, terem um período muito limitado apropriado para o desenvolvimento das culturas. Algumas delas como canola, linhaça, lentilha e outras, têm a maturação e a secagem forçadamente uniformizadas dessa forma. Por fim, a máquina - uma colhedora com plataforma recolhadora, portanto, **recolhedora-trilhadora** e não colhedora - executa as etapas da trilha e limpeza dos grãos.

No Brasil temos duas culturas que utilizam fortemente a colheita mecanizada indireta – o feijão e o amendoim. O arranquio ou a ceifa, no caso do feijão e obrigatoriamente o arranquio, no caso do amendoim, é feito mecanicamente e o material é enleirado na lavoura para a secagem. Na sequência uma máquina recolhadora trilhadora faz a trilha e limpeza do feijão. No caso do amendoim, faz apenas a separação entre o pé e a vagem.

Um pouco de história

A história da mecanização da colheita tem início no Império Romano, provavelmente em torno de 400 a.C. Um grande pente de dentes de madeira sobre duas rodas era empurrado por um animal sobre a lavoura, arrancando as espigas de trigo que eram depois trilhadas no pátio, com o pisoteio de animais.

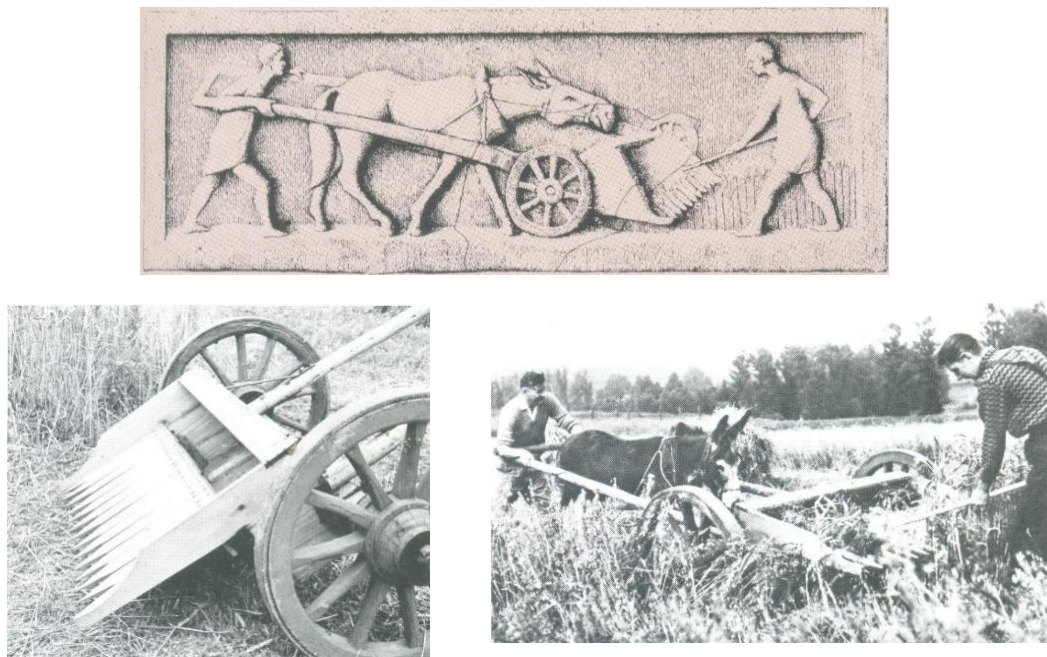


Figura 3. A mecanização da colheita em torno de 400 a.C. e a reconstrução do equipamento de colheita dos Romanos, em escala real, feita na Alemanha (QUICK & BUCHELE, 1978).

Bem mais recentemente (entre 1750 e 1850) surgiram, por um lado, inúmeros dispositivos de ceifa, invariavelmente de tração animal e, por outro, dispositivos estacionários de trilha. Nessa época a humanidade dependia quase que exclusivamente do trigo, mas logo surgia o milho que havia sido levado das Américas para a Europa. As primeiras máquinas que **combinavam** ceifa e trilha surgiram nessa época, sempre de tração animal, e passaram a ser denominadas de **“combinadas”**. A partir da década de 1870, o motor a vapor passou a ser utilizado como fonte de potência para as combinadas, em muitos casos aproveitando a palha da própria lavoura para a queima. Mas quem fez sucesso foram as grandes trilhadoras estacionárias acionadas por motores a vapor. As primeiras combinadas auto propelidas surgiram a partir de 1930.



Figura 4. Colhedora combinada de tração animal (esquerda) e acionada por motor a vapor (direita) (QUICK & BUCHELE, 1978).



Figura 5. Trilhadoras estacionárias de grande porte, inicialmente acionadas por motor a vapor (esquerda) e de pequeno porte, acionadas por motor estacionário, muito populares no Sul do Brasil, até os anos 1990 (direita)

No Brasil foram produzidas muitas trilhadoras estacionárias, predominantemente voltadas para o trigo e o arroz. Sob tais condições, em 1964 surgia a primeira colhedora auto propelida, composta por uma trilhadora estacionaria sobre um chassi veicular, adicionada de uma **plataforma de corte**, produzida no Sul do Brasil.

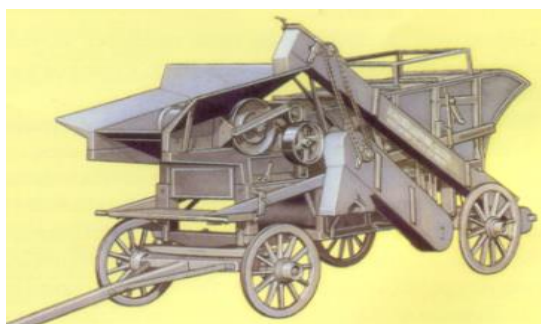


Figura 6. A trilhadora estacionária (esquerda) que deu origem à primeira colhedora combinada no Brasil (direita)

Na mesma época surgia a cultura da soja, que já tinha exigido, principalmente nos Estados Unidos, grande trabalho de desenvolvimento e adaptação nas colhedoras para se ajustarem à sua colheita. Porém, juntamente com a soja, o milho expandia a sua presença e o trigo deixava de ser a principal cultura no Sul do país. As máquinas passaram a ser mais polivalentes e hoje é raro o agricultor que não tenha duas plataformas para uma mesma colhedora – uma para milho e a outra para as demais culturas.

A indústria nacional passou a denominar essa máquina de “colheitadeira”, um termo regional, justamente a partir da indústria concentrada no Rio Grande do Sul, e assim tem sido denominada em todas as regiões de influência cultural sulista. No interior de São Paulo e de estados vizinhos a mesma máquina é muito conhecida como “colheadeira”; porém, o termo técnico mais correto é colhedora.

A colhedora, em função do seu projeto e constituição, terá diferentes nomes. Tem-se, por exemplo, a colhedora combinada de grãos semi montada com plataforma despigadora e acionada pela TDP, que é uma máquina pequena, acionada e apoiada no trator e serve para a colheita do milho. A sua equivalente para a colheita dos demais grãos é a colhedora combinada de grãos semi montada com plataforma segadora e acionada pela TDP. Antigamente, no mercado brasileiro, eram duas máquinas

distintas e na versão moderna, é a mesma máquina, apenas com troca de plataforma, entre a despigadora e a segadora.



Figura 7. Colhedora combinada de grãos semi montada com plataforma despigadora, acionada pela TDP (esquerda); colhedora combinada de grãos semi montada com plataforma segadora e acionada pela TDP (direita).

Os sistemas que compõem a máquina

A colhedora deve ser analisada e entendida pelos sistemas que a compõem, que são:

- corte (ou despiga)
- alimentação
- trilha
- separação
- limpeza
- transporte e armazenamento

E a grande separação na classificação das máquinas está no seu sistema de trilha. Desde muito tempo existiram muitas variações construtivas nas trilhadoras, que ultimamente convergiram para dois formatos – a trilha de **fluxo radial** ou tangencial e a trilha de **fluxo axial**.

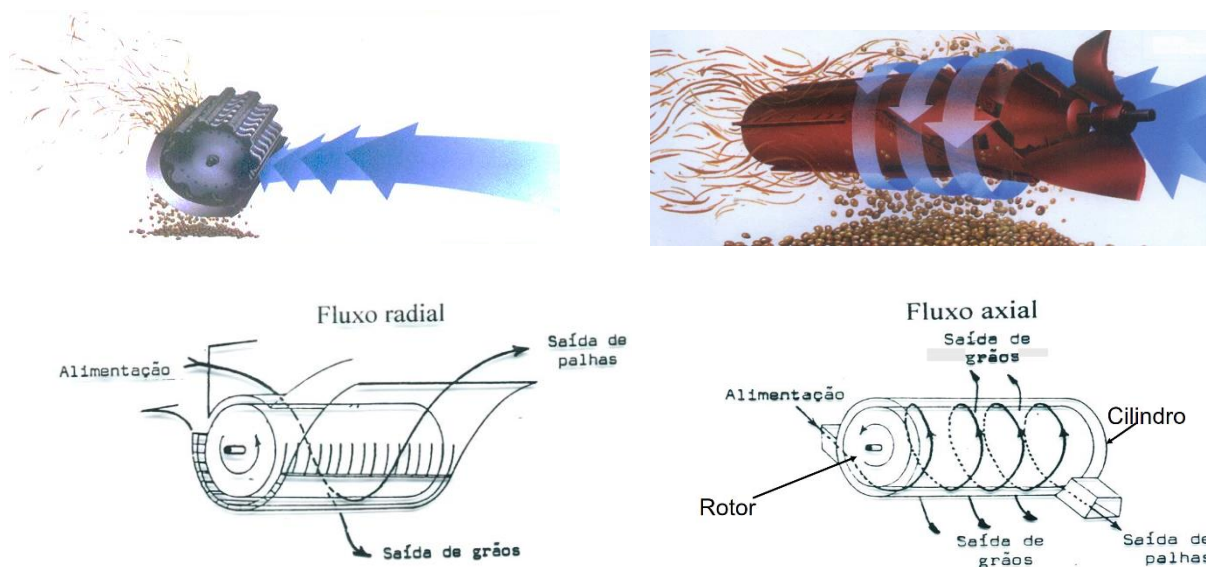


Figura 8. Trilha de fluxo radial ou tangencial (esquerda) e a trilha de fluxo axial (direita).

Na trilha de fluxo radial, o produto passa uma única vez entre uma parte móvel – o **rotor** – e uma parte fixa, o **côncavo**. Na trilha de fluxo axial, o produto gira entre o rotor e o **cilindro separador**, entrando em uma extremidade e saindo na outra. Como a trilha tem que ser completa, obviamente, o sistema em fluxo radial precisa ser mais abrupto, pois o produto fica exposto ao atrito e impacto por um contato tangencial de poucos graus do giro. Já no sistema com fluxo axial há mais tempo para a trilha, pois o produto fica exposto por algumas voltas.

Nas colhedoras combinadas do mercado essa diferença no sistema de trilha da máquina criou duas grandes famílias de máquinas. Até pouco tempo reinavam absolutas as colhedoras com sistema de trilha de fluxo radial. Foi em 1977 que foram lançadas, a partir do mercado norte-americano, as primeiras colhedoras com trilha de fluxo axial. Hoje se sabe que essas colhedoras são mais eficientes em termos de perdas e danos aos grãos, além de permitirem maior taxa de alimentação para um mesmo porte de máquina, se comparadas com as colhedoras de fluxo radial.



Figura 9. Colhedora com trilha de fluxo radial (esquerda) e de fluxo axial (direita) mostrando os sistemas internos da máquina

Os sistemas que compõem a máquina devem ser entendidos a partir da sua função específica. O sistema de corte e o de alimentação se complementam, sendo o primeiro dedicado à ceifa (grãos em geral) ou arranquio das espigas (milho) e estão associados à plataforma.

No caso de plataforma segadora, os componentes principais são o **molinete**, responsável por conduzir as plantas em pé até a **barra de corte**, que faz a ceifa. O transporte horizontal é feito pelo **caracol transportador**, que leva o produto já cortado até o centro e o conduz ao **elevador de alimentação** ou canal alimentador. Recentemente o caracol vem sendo gradativamente substituído por um transportador tipo esteira ("**draper**"), em função do aumento da largura da plataforma e, portanto, da distância de transporte até o centro da máquina.

Na colheita de grãos em que o corte é elevado do chão (trigo, arroz, cevada), a plataforma deve ser **rígida** para manter o corte em altura padrão. Na colheita da soja, com inserção de vagens próximas ao chão, a plataforma deve ser transversalmente **flexível** para acompanhar as irregularidades do terreno.

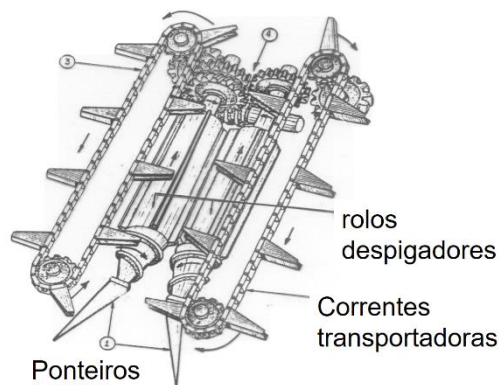
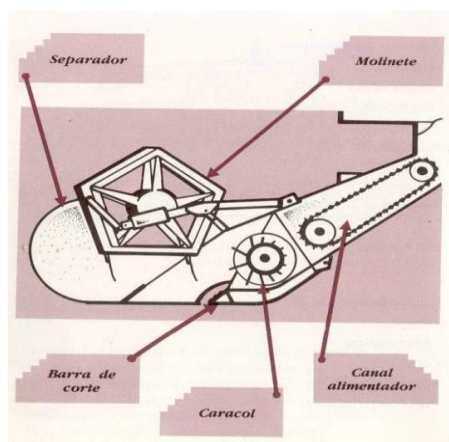


Figura 10. Na primeira linha a plataforma segadora (esquerda); plataforma despigadora (direita) e seus principais componentes (segunda linha)

A plataforma para colheita de milho é dividida em unidades despigadoras – uma para cada fileira de plantas. Os componentes principais são os **rolos despigadores**, responsáveis por puxar o pé de milho para baixo, e as espigas, de maior diâmetro que estes, serão barradas e arrancadas por dois **delimitadores**, dispostos acima dos rolos. As espigas são então carregadas pelas **correntes transportadoras** até a plataforma e daí levadas ao centro da máquina por meio de um caracol transportador.

O elevador de alimentação pertence à máquina e é onde a plataforma ceifadora ou despigadora é acoplada à colhedora na forma de um engate rápido. Ele entrega o produto ao sistema de trilha, de fluxo radial ou axial.

A trilha consiste em remover o grão da parte que o prende à planta (vagem, sabugo, panícula) e é feita por ação de **atrito** e **impacto**. No caso da espiga de milho acontecem ao mesmo tempo a remoção da palha e a debulha.

O sistema de separação desmembra o fluxo na máquina, entre grão sujo de palhicho, que segue para o sistema de limpeza e o fluxo de palha, que segue para a traseira até ser jogado para fora da máquina. Na trilha de fluxo axial a separação acontece entre o rotor e o cilindro separador, no mesmo corpo do sistema de trilha. No caso de fluxo radial, a trilha é totalmente independente do sistema de separação e esta é composta pelo **saca-palhas**.

O sistema de limpeza é composto por um dispositivo denominado de **bandeja de alimentação** (“bandejão”), que distribui os grãos sujos sobre a **peneira superior**. Enquanto os grãos caem por gravidade ao passar pela primeira peneira, chegarão à **peneira inferior** e serão atingidos por uma corrente de vento horizontal gerada pelo **ventilador**, que transporta o palhicho para fora da máquina.

Os grãos limpos são recolhidos pelo **escorregador de grãos limpos**, no fundo da máquina (abaixo da peneira inferior) e levados via helicóide transportadora para o pé do **elevador de grãos limpos**. Este transporta os grãos até o **tanque graneleiro**, na parte superior da máquina. Este tanque armazenará os grãos temporariamente e quando estiver cheio, o operador descarrega esses grãos para uma carreta graneleira ou caminhão por meio do **tubo de descarga**, que é uma grande helicóide transportadora.

Sobre a peneira superior ficarão retidos materiais maiores que a sua abertura. Esse material é, por exemplo, parte de uma vagem de soja que contém grãos. Se ele seguir o caminho do palhicho, será jogado fora pela traseira da máquina e isso não é desejável. Assim, todas as máquinas que possuem as peneiras, tem na sua parte final um elemento denominado de **extensão de retilha da peneira superior**. Nesse trecho da peneira é feita a regulagem de abertura para que esse material caia, pelo **escorregador da retilha** e seja recuperado e redirecionado para a retilha (trilhado novamente).



Figura 11. Sistema de limpeza com a bandeja de alimentação, as duas peneiras, ventilador e a extensão de retilha da peneira superior

Existem basicamente dois tipos de sistema de retilha nas máquinas de mercado. A **retilha independente** é realizada na parte posterior da máquina, próximo às peneiras e é composta por uma pequena unidade de trilha, normalmente por impacto. A outra opção é da **retilha integrada**, que é realizada na trilha principal e para isso a máquina deve dispor de um elevador dedicado, denominado de **elevador da retilha**, que recebe esse material e o entrega na entrada da trilha, na parte anterior da máquina.

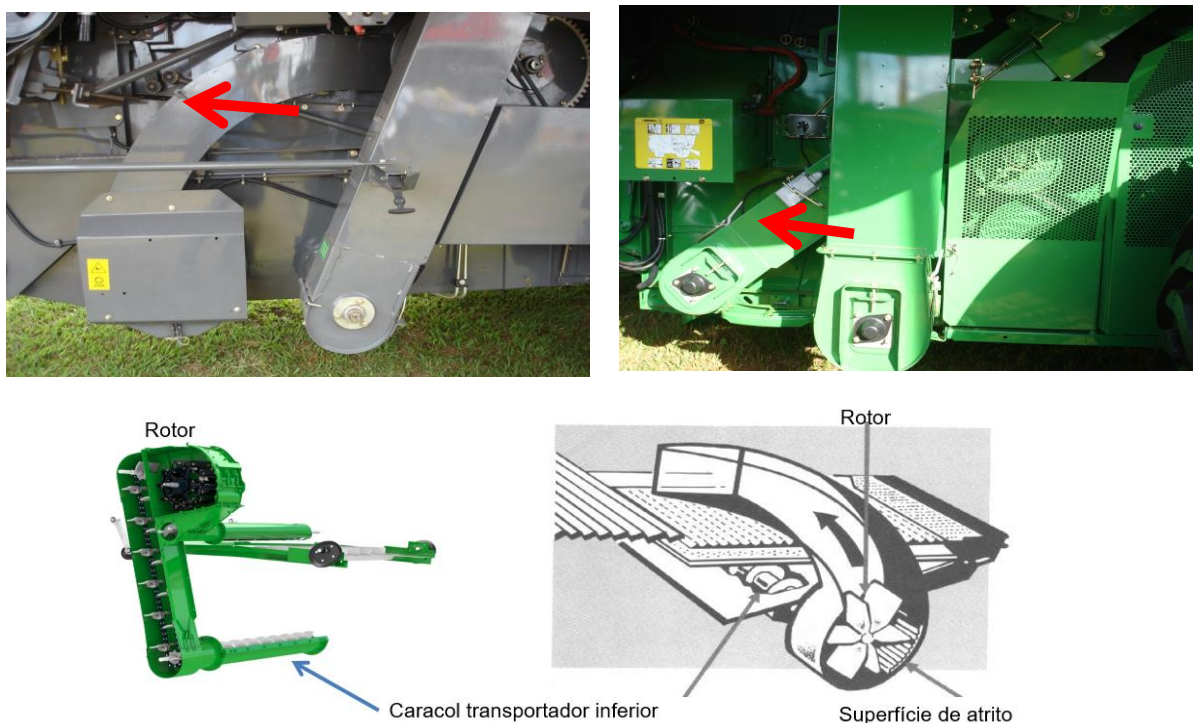


Figura 12. Máquina com sistema de retilha independente (esquerda) e retilha conjugada, com elevador de retilha (direita); sistemas de retilha independente (abaixo)

As perdas definem a capacidade da colhedora

A colheita de grãos é guiada pelas perdas que podem ser caracterizadas e divididas em vários estágios. São normalmente consideradas as **perdas naturais**, **perdas de plataforma** e as **perdas internas** da máquina. As perdas naturais da lavoura são regidas principalmente pelas intempéries. No entanto podem ser sinônimo de deficiências no planejamento e na gestão do sistema. Hoje se aborda o conceito de pontualidade das operações e, especialmente na colheita da soja, essa pontualidade pode ser traduzida em valor financeiro. O atraso na colheita de uma lavoura representa perdas que são atribuídas a erros de planejamento da lavoura e escolha de cultivares, falta de máquinas, etc.

As perdas de plataforma são causadas pela interface máquina-lavoura e se expressam de várias formas. Na colheita de soja e outras culturas que utilizam plataforma segadora, o molinete mal ajustado (altura e avanço), bem como a inclinação dos pentes causam impacto com as vagens e a consequente debulha. A rotação do molinete acima da recomendada pelo manual do fabricante para uma dada velocidade da máquina vai centrifugar plantas que são arremessadas. A altura da plataforma, especialmente para a soja, é um grande causador de perdas. Assim também ocorre com a barra de corte com problemas de folga e danificação de lâminas, que, ao “mastigar” no ato de cortar, provoca a debulha. A velocidade de avanço da máquina é um desafio, porque o impacto com as plantas faz crescer as perdas.

Especialmente para o milho, independentemente do tamanho da máquina e do espaçamento entre fileiras, uma preocupação que o agricultor tem que ter é com a preparação da máquina para a colheita. A plataforma pode ser uma fonte de perdas expressivas, tanto de espigas como de grãos debulhados. As perdas de espigas são as que causam maior preocupação, uma vez que apresentam efeito sobre a perda total. Podem ter sua origem na regulagem da colhedora, mas também podem estar

relacionadas à cultivar e sua relação com a máquina, como por exemplo, a uniformidade da altura da inserção de espigas e a ocorrência de acamamento de plantas.

Outra providência prévia é o número de linhas das semeadoras, que deverá ser igual ou múltiplo do número de linhas da plataforma de colheita, bem como com o mesmo espaçamento, para evitar desalinhamentos na colheita. As regulagens de máquina basicamente são: a velocidade de deslocamento, a altura da plataforma e a regulagem das chapas de bloqueio da espiga, acima dos rolos despigadores. Em lavoura sem acamamento procura-se trabalhar com a plataforma o mais alto possível, justamente para diminuir a chance de entrada de colmos na máquina. A plataforma deve arrancar as espigas e não permitir que outras partes da planta entrem na máquina, competindo por espaço dentro dos sistemas de trilha, separação e limpeza. Se a lavoura apresentar muitas plantas acamadas a solução é baixar a plataforma e os maiores cuidados nesse caso são evitar que os bicos separadores das linhas toquem no solo e que o mato seja puxado para dentro da máquina.

Ajustes, mais detalhados ainda, podem ser feitos na maioria das plataformas de mercado, fazendo variar a rotação dos cilindros despigadores. A função deles é puxar bruscamente os colmos de milho para baixo e arrancar as espigas quando essas batem na chapa de bloqueio. Se a rotação dos despigadores for muito alta as espigas poderão debulhar ainda na plataforma ou poderão ser arremessadas para fora da plataforma por conta do impacto; e isso é indesejável. Outro fato que ocorre nesse caso é o arraste de colmos para dentro da máquina.

Por outro lado, se a rotação dos despigadores for muito baixa, as espigas tenderão a ser arrancadas no final dos rolos, o que pode causar embuchamentos (obstruções). As espigas devem ser arrancadas nos primeiros dois terços do comprimento dos rolos. Por último, ainda devem ser feitas revisões nas correntes condutoras para que não trabalhem com folga excessiva.

As perdas internas são provocadas pelos componentes internos da máquina e são decorrentes de má regulagem e deficiências de projeto. As **perdas de trilha** são caracterizadas por grãos presos na palha e são causadas pela abertura excessiva entre côncavo e cilindro, ou velocidade inadequada do cilindro e da colhedora. **Perdas na separação** são caracterizadas por grãos soltos na palha e são normalmente causadas também por abertura excessiva entre côncavo e cilindro e baixa velocidade do cilindro, sobrecarregando o saca-palhas nas máquinas convencionais (de fluxo radial).

Essa tem sido a maior fonte de perdas internas das colhedoras em geral e indica que as máquinas crescem de tamanho e o saca-palhas não atende toda a quantidade de material que é jogada para dentro. Recentemente, têm sido disponibilizadas máquinas com separadores rotativos e mesmo kits de substituição do saca-palhas das colhedoras, sempre com o argumento de que esse é um dos pontos fracos das colhedoras convencionais do mercado.

Por último há as **perdas de limpeza** caracterizadas por grãos soltos no palhiço e causadas por peneiras e ventilador mal ajustados, com velocidade e direção do fluxo de ar incorretos. Em terrenos inclinados há também o problema da inclinação lateral das peneiras causando acúmulo de grãos em pequenas porções das peneiras e sua conseqüente saturação.

Com relação às perdas, no final dos anos 1960 já eram disponibilizados os primeiros sensores de perdas nos mercados mais importantes da época. Aqui no Brasil, esses dispositivos só passaram a ser oferecidos como acessórios 20 anos depois e o mercado simplesmente não os assimilava. Hoje, muitos dos modelos de colhedoras já saem de fábrica com monitor de perdas e os usuários estão aprendendo a utilizá-los e a tirar proveito deles. No entanto, é importante não atribuir a essa eletrônica embarcada maiores responsabilidades do que aquelas para as quais foi projetada.

Os sensores de perdas estão apenas nas peneiras e no saca-palhas, ou seja, somente auxiliam a detectar os dois componentes de perdas internas da máquina – limpeza e separação. Não deixa de ser um ótimo indicador de ritmo de colheita, taxa de alimentação e, portanto, velocidade da máquina. Devem ser regulados para um nível de perdas aceitável e, a partir daí, sinalizarão quando o operador ultrapassar esse nível.

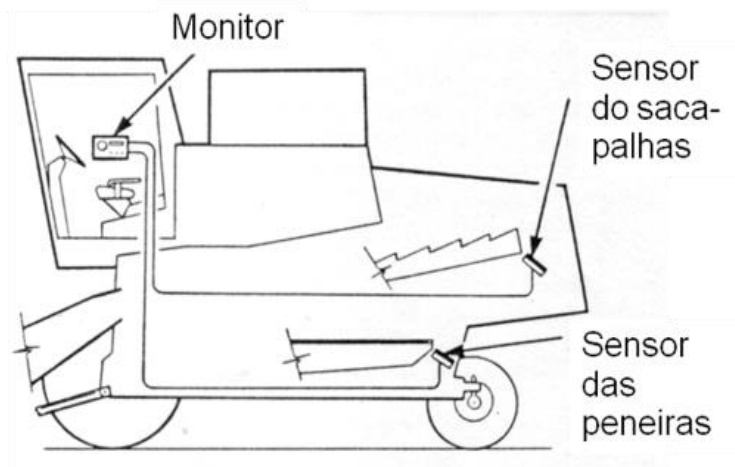


Figura 13 – Sensores do monitor de perdas das colhedoras instalados nas peneiras e no saca-palhas

Como se caracteriza a capacidade de uma colhedora

Pouco se sabe de ensaios de colhedoras no Brasil, pois há muitos anos que não são realizados publicamente e, se o são, é por parte dos fabricantes, que não divulgam os resultados. Existe inclusive uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), a NBR 9740, de 1987 (Colhedora auto propelida de grãos – determinação das características técnicas e de desempenho), que estabelece todo o procedimento para a realização de ensaios e caracterização do desempenho. O que mais importa é o princípio que rege esses testes, dos quais o “Prairie Agricultural Machinery Institute” (PAMI), do Canadá, é o idealizador. Na sua essência, as perdas internas das colhedoras são determinadas pela **taxa de alimentação**, ou seja, por quanto material é jogado para dentro da máquina para ser processado. Essa taxa de alimentação é função, basicamente, da largura da plataforma, da produtividade da lavoura e da velocidade da colhedora, e define, em última análise, a capacidade da colhedora em termos de toneladas colhidas por hora. O fator usado para estabelecer essa capacidade é o **limite de perdas internas** aceito. Na prática, a máquina é submetida a diversas taxas de alimentação em uma mesma lavoura em distâncias conhecidas, como 50 m. De alguma forma, nesse trecho, todo o material é recolhido (palha, palhico e grãos). A palha é reprocessada em um saca-palhas estacionário para separar grãos que o saca-palhas da máquina não separou. Depois, essa mesma palha é retrilhada em uma trilhadora estacionária para quantificar o que a colhedora não havia trilhado. Por último, o palhico também é retrilhado para coletar os grãos que foram perdidos com ele. Com isso é produzido um gráfico (Figura 14) de perdas como função da taxa de alimentação. Nesse gráfico é possível estabelecer qual o limite que a máquina aceita, em termos de processamento.

Tais ensaios são executados com a colhedora em sua condição ótima de regulagem. Portanto, os acréscimos nas perdas são causados pela sobrecarga de alimentação.

Com relação às perdas, ainda é importante estabelecer qual o nível de perdas com o qual se pode conviver. Nesse caso, se pode fixar o que é tecnicamente recomendado como a meta e, especificamente para a soja, o valor que se apregoa varia de 0,75 saca/ha a 1,0 saca/ha, como perdas totais. Esse valor não é difícil de ser atingido. Historicamente, no Sul do Brasil a média gira em torno de 1,0 saca/ha. Já no Centro-Oeste esse valor ainda ultrapassa 2,0 sacas/ha.

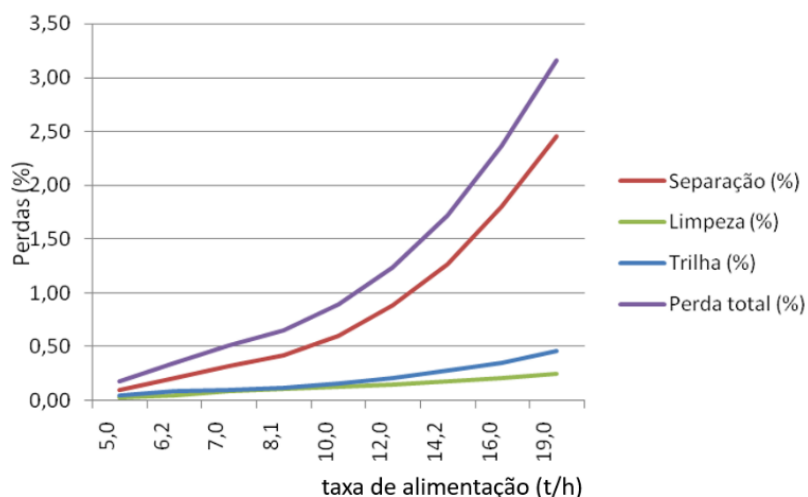


Figura 14 – Gráfico de perdas internas da colhedora como função da taxa de alimentação. Um limite de 1,5% para essas perdas definiria a capacidade dessa máquina nessa cultura, em aproximadamente 14,2 t/h de alimentação; essa seria uma especificação técnica para essa máquina.

As **regulagens** são didática e extensivamente explicadas nos **manuals** das colhedoras, mas seguem princípios básicos. Na trilha, o material precisa entrar completo e somente a palha deve sair. Isso permite se definir a abertura de entrada e de saída do côncavo na colhedora de fluxo radial; de forma análoga se regula o cilindro trilhador da colhedora de fluxo axial. Também, em função da cultura que esteja sendo colhida, se regula a energia a ser aplicada na trilha (rotação).



Figura 15 – Princípios básicos de regulagens no sistema de trilha – aberturas e rotações

O mercado de colhedoras

As produtividades cresceram e vão ainda crescer e as máquinas para colhê-las também terão que evoluir. Com defasagem de poucos anos, passamos a produzir aqui no Brasil as maiores colhedoras do mercado mundial e com a mesma tecnologia que aquelas produzidas lá fora. É claro que houve uma internacionalização completa na indústria e hoje as três grandes fabricantes de tratores e máquinas do mundo também comandam o mercado brasileiro de colhedoras.

Os atuais fabricantes são:

AGCO (Santa Rosa, RS)

- Massey Ferguson
- Valtra

CNH (Curitiba, PR e Sorocaba, SP)

- New Holland
- Case

John Deere (Horizontina, RS)

- John Deere

O tamanho das colhedoras ainda tem tendência de aumento no mercado internacional. A atual classificação mais comum dessas máquinas é dada pela potência nominal do motor, como critério proposto pela AEM (Association of Equipment Manufacturers), organização norte-americana de fabricantes, como apresentado na tabela abaixo.

Tabela 1 – Classes de colhedoras combinadas auto propelidas, segundo critérios do Mercado

Classe	Potência nominal do motor
5	< 200 kw (< 268 hp)
6	200 - 239 kw (268 - 321 hp)
7	240 - 279 kw (322 - 374 hp)
8	280 – 320 kw (375 – 429 hp)
9	320 – 360 kw (429 - 483 hp)
10	acima de 360 kw (> 483 hp)

O mercado brasileiro de colhedoras é basicamente regido pela economia do setor e tem apresentado grandes flutuações. De qualquer forma, com esses números, se tem um índice de mecanização da colheita de aproximadamente 1.100 ha/colhedora; um número elevado para os padrões mundiais.

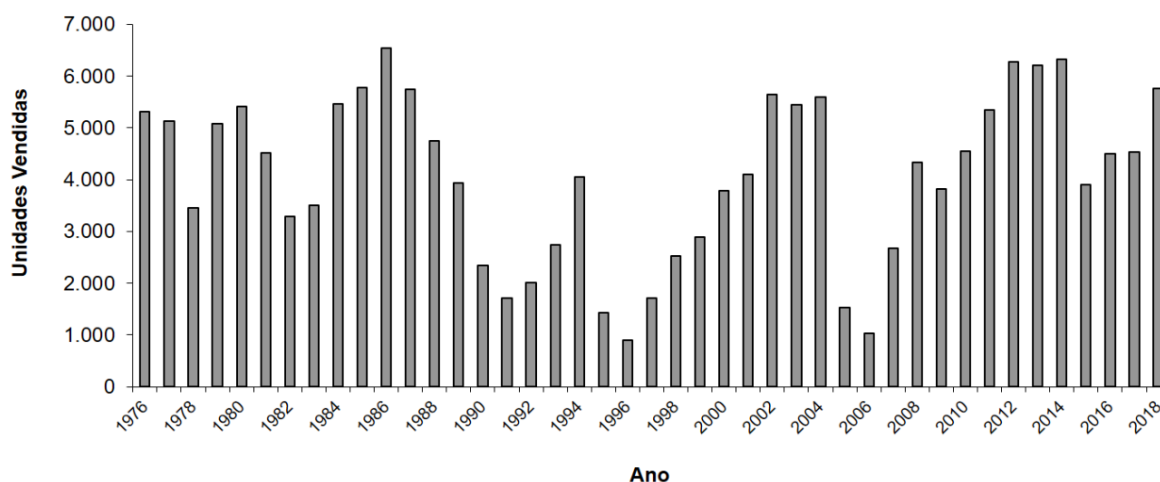


Figura 16 – Vendas anuais de colhedoras ao mercado interno (dados ANFAVEA)

Esse é apenas mais um dos indicadores que demonstram que a agricultura brasileira tem algumas facilidades que os outros não têm. Com duas safras por ano, o agricultor brasileiro tem uma taxa de utilização das máquinas maior, o que reduz o custo de produção.

Máquinas para processamento e beneficiamento de grão

Esse tema está na interface entre a mecanização e a área de secagem e armazenamento de grãos. Aqui fazemos uma abordagem compacta e conceitual sobre a diversidade de equipamentos e suas funções numa propriedade produtora de grãos.

Os grãos que saem da lavoura são destinados a instalações na propriedade, cooperativa, cerealista, indústria, etc. Porém, a limpeza efetuada pela colhedora, normalmente não é suficiente. Da mesma forma, a condição de umidade dos grãos pode ser inapropriada. Assim, para que os grãos passem à próxima etapa, que pode ser o armazenamento, o processamento ou mesmo a destinação como semente, há a necessidade da etapa do **pré-processamento**.

Na figura 17 são apresentadas todas as possíveis etapas em ordem lógica. No entanto, a propriedade pode não ter infraestrutura para executar todas as etapas, o que deverá ser obrigatoriamente feito externamente.

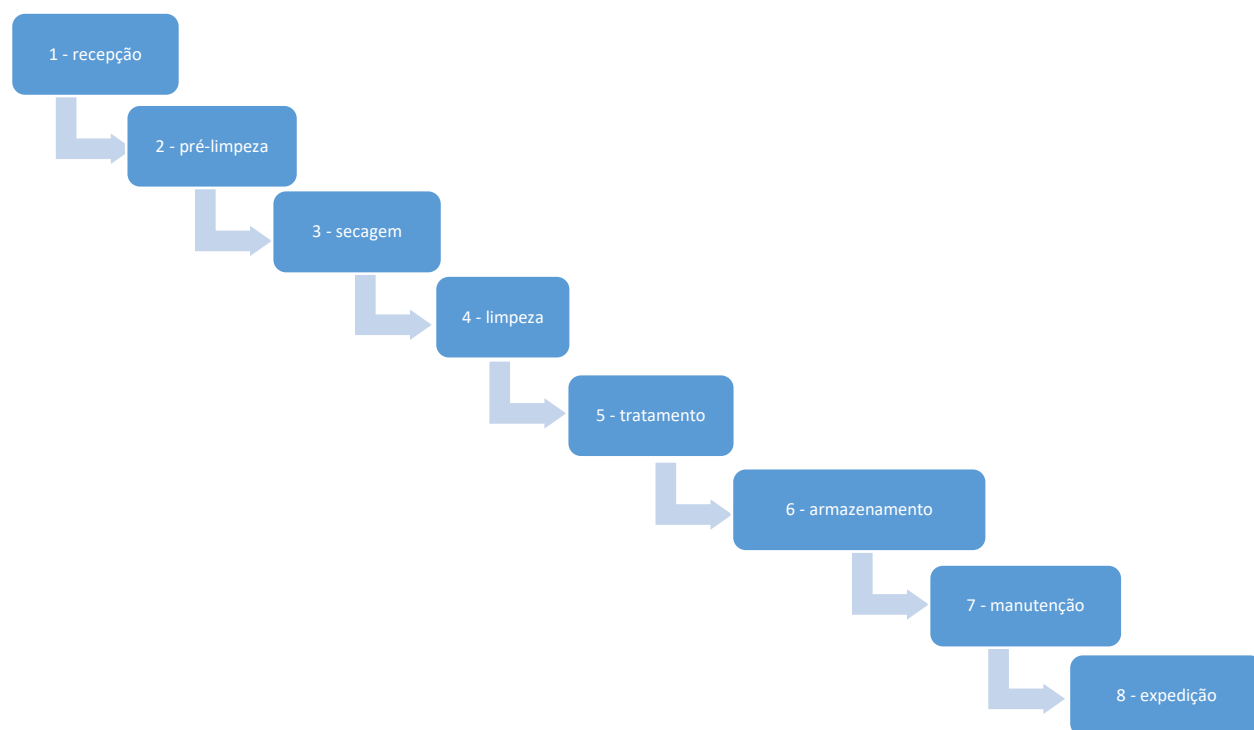


Figura 17 – Fluxograma das etapas que um lote de grãos que sai da lavoura sujo e úmido pode passar

Mas, mesmo que toda a estrutura esteja disponível, um determinado lote de grãos pode não necessitar passar por todas as etapas. Numa simulação simples, o lote de grão de um determinado talhão, está sujo e úmido, portanto terá que passar por todas as etapas (de 1 a 8). Caso outro lote de grãos chegue à sede da propriedade sujo, porém seco, não passará pela etapa 3, da secagem. Se estiver limpo e úmido, o que é pouco provável, poderá não passar pela pré-limpeza (2) e limpeza (4).

Já, no caso da destinação dos grãos para semente, o processo envolve a importante etapa da separação e classificação. Depois do tratamento poderá ser embalada em sacos e armazenada, ou mesmo armazenada e expedida a granel (figura 18).

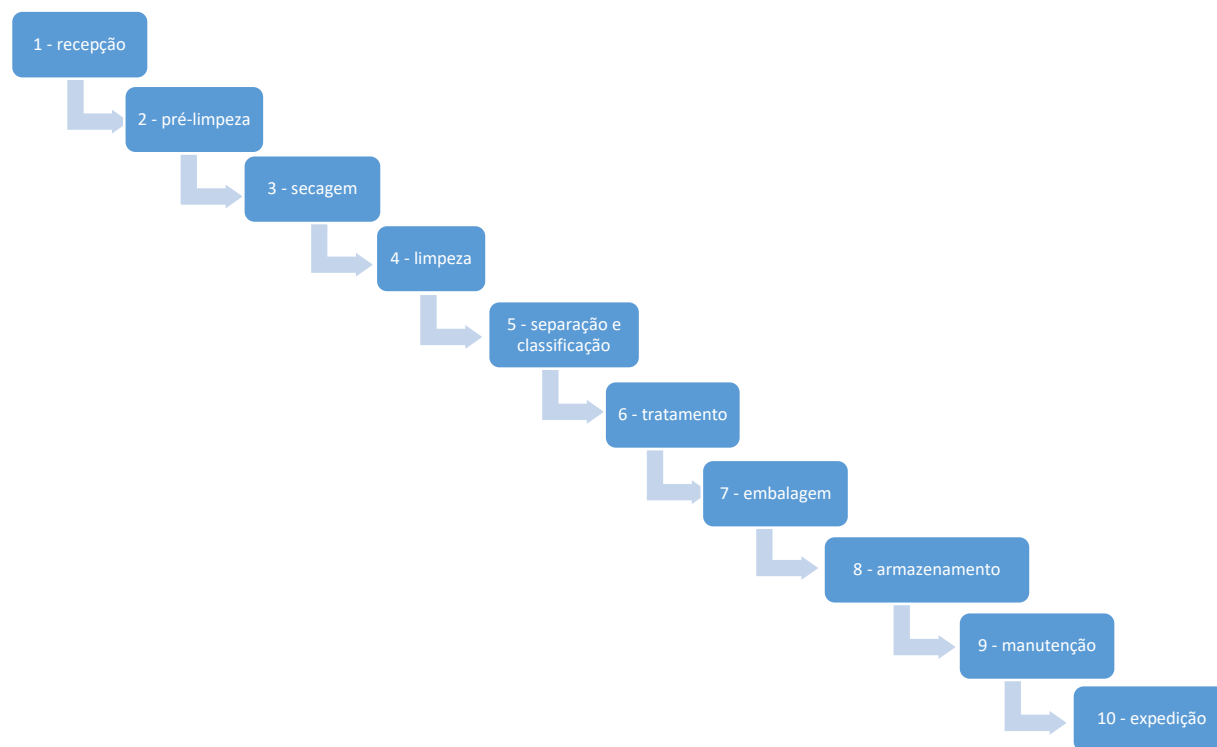


Figura 18 – Fluxograma das etapas que um lote de grãos destinado a sementes, que sai da lavoura sujo e úmido normalmente deve passar

A estrutura, portanto, deve ser muito bem planejada, projetada e dimensionada para que os processos sejam executados com flexibilidade de ordenamento e com as capacidades necessárias, em cada etapa e no conjunto.

Máquinas envolvidas

A função da **pré-limpeza** é remover as impurezas maiores contidas na massa de grãos. Essa remoção reduz o risco de entupimentos especialmente no elevador e no interior do secador, além de riscos de incêndio no interior do secador. Serve também para evitar o entupimento da porosidade da massa e não exigir do secador que atue na remoção de umidade dessa impureza. Por fim, a pré-limpeza alivia a demanda da máquina de limpeza. A máquina normalmente é composta por duas peneiras e um fluxo de ar forçado, o que resulta em três descartes: retido na peneira superior (gráudo), passado pela peneira inferior

(miúdo) e transportado pela corrente de ar (leve). Em muitos casos é a mesma máquina de limpeza, porém regulada para maior vazão de grãos.

A **secagem** tem como função retirar a umidade por fluxo de ar e calor, forçado ou não. Os secadores podem ser estacionários, com grão parados, normalmente em uma única camada. Os secadores intermitentes apresentam uma fase de aquecimento da massa de grãos e uma fase de equalização; nestes, a recirculação é obrigatória. Outra forma de secagem é por secador de fluxo contínuo, em que acontece o aquecimento, secagem e resfriamento; pode haver ou não a recirculação.

A aeração é outra forma de secagem, com suas variações, das quais a seca-aeração é a mais utilizada em regiões tropicais. Demanda um silo secador, em que o grão recebe o ar quente, um silo de homogeneização com aeração de baixo para cima, através de funcho vazado, para remover a umidade e resfriar a massa de grãos e por fim os silos de armazenamento.

Em muitos casos, após a secagem, a massa de grão passa para a máquina de **limpeza**, cuja função é remover as impurezas restantes, normalmente menores, muitas que estavam aderidas aos grãos úmidos. As máquinas de limpeza possuem três ou quatro peneiras e fluxo de ar forçado, resultando em resíduos variados em tamanho e densidade.

A massa de grãos deve transitar entre as máquinas já listadas, o que é feito pelos equipamentos de **transporte interno** a granel. Assim, para deslocamento vertical, existem os elevadores de canecas, com e sem fundo. Para transporte horizontal ou inclinado, são muito populares os transportadores de correia, com ângulo de inclinação limitado até 15°. Nessas aplicações também há os transportadores de correntes com taliscas (ou “redler”), os transportadores helicoidais. No caso específico de transporte horizontal em curtas distâncias, usa-se também os transportadores vibratórios. Um sistema mais versátil é o transporte pneumático, que pode ser de sopro, sucção ou misto.

Caso os grãos sejam destinados a semente, para o seu beneficiamento são necessárias máquinas dedicadas à **separação e classificação** desses grãos, sempre pressupondo que já estejam limpos. Para isso são utilizados vários princípios, dependendo do tipo de grãos envolvidos. O mais comum é a seleção e classificação por tamanho dos grãos, o que pode envolver espessura, largura e comprimento. Outra abordagem é pela forma do grão, mais ou menos chato, por exemplo. Outras abordagens envolvem cor, peso específico e afinidade com líquidos.

As máquinas com peneiras e corrente de ar forçado podem atuar na classificação por tamanho (espessura, largura) e peso específico. Para a seleção por comprimento e espessura, utiliza-se os separadores cilíndricos ou “trieur”. Especificamente para comprimento de grãos, utiliza-se os discos alveolados e para peso específico utiliza-se as mesas de gravidade. Separadores magnéticos são utilizados para separação por afinidade diferenciada com líquidos, rolos recobertos de feltro para separação por diferentes texturas de tegumento e células fotoelétricas para identificar grãos com coloração distinta.

Por fim, as máquinas para **expurgo e tratamento** dos grãos podem atuar por fumigação ou nebulização, normalmente dentro do armazém ou silo. A pulverização é feita sobre correia transportadora, em algum ponto, no final do fluxo.

Referências

ABNT. NBR 9740 - Colhedora autopropelida de grãos – determinação das características técnicas e de desempenho, 1987.

ANFAVEA - Associação Nacional dos fabricantes de Veículos Automotores - www.anfavea.com.br

QUICK, G.; BUCHELE, W. The grain harvesters. St. Joseph: ASAE, 1978. 269p.

PUZZI, D. Manual de armazenamento de grãos – armazéns e silos. Ceres. S. Paulo, 1977.

Questões para estudo:

1. Liste ordenadamente as etapas do processo de colheita de grãos.
2. Quais os sistemas de colheita de grãos que existem (listar)?
3. Como caracterizar uma colheita semi-mecanizada?
4. O que é uma colhedora combinada?
5. Para a colheita mecanizada indireta de cereais é necessária uma máquina ceifadora. Porque (explique)?
6. Porque a colheita de amendoim não pode ser mecanizada direta?
7. Qual a diferença entre colheita mecanizada direta e indireta de feijão?
8. Resumidamente, quais as diferenças entre trilha de fluxo radial e de fluxo axial?
9. Porque a colhedora automotriz de fluxo axial é mais compacta que a de fluxo radial?
10. Qual o princípio básico de regulagem de trilha de fluxo radial?
11. Sistema de separação cilíndrico caracteriza colhedora de fluxo axial?
12. Qual a função dos rolos despigadores na plataforma de milho?
13. Porque a esteira (draper) é mais apropriada para a plataforma segadora de grande largura?
14. Qual a importância de um bom espalhador de palha na traseira da colhedora?
15. Atualmente, qual o tipo predominante de perdas na colheita de soja?
16. Quais as perdas que o monitor de perdas estima?
17. Qual a importância de se integrar a colheita às etapas de processamento interno dos grãos na propriedade?
18. Na unidade de processamento, qual a função da pré-limpeza?
19. Quais os sistemas de transporte de grão a granel mais comuns em unidade de processamento na propriedade?
20. Qual o tipo de secador mais comum em unidades de maior porte?

Respostas:

1. Cortar (arrancar, despigas); trilhar; limpar
2. Manual, semi-mecanizada, mecanizada direta e mecanizada indireta.
3. Basta que exista a ação de alguma máquina (por mais simples que seja) em alguma etapa do processo.
4. É aquela que faz ao mesmo tempo o corte ou despiga e a trilha com limpeza.
5. Primeiramente deve ocorrer a ceifa e enleiramento para depois ocorrer a trilha, separação e limpeza
6. Porque a etapa do arranquio implica em secagem da parte que estava enterrada
7. Na colheita mecanizada direta, a ceifa e trilha acontecem na mesma operação, portanto as plantas devem estar uniformemente secas, assim como as vagens. Na colheita mecanizada indireta, a ceifa e enleiramento permitem a uniformização da secagem, seguida de recolhimento e trilha em operação separada.
8. Na trilha de fluxo radial o produto passa apenas uma vez entre o rotor e o côncavo e em um tempo muito limitado, portanto com ação intensa de atrito e impacto; como grande parte dos grãos ainda estão junto à palha, é necessário um sistema dedicado à separação. Na trilha de fluxo axial o produto gira em torno do cilindro, entrando inteiro por uma ponta e saindo apenas a palha pela outra ponta, com maior ação de atrito e menor de impacto.
9. Justamente pela necessidade de abrigar um sistema de separação – o saca-palhas – que é tão mais longo quanto maior for a capacidade de colheita da máquina.
10. Definir a abertura de entrada de forma que todo o material entre o rotor e o côncavo, bem como a abertura mínima de saída, para que não saia material não trilhado.
11. Não. O separador cilíndrico substitui o saca-palhas, mas a trilha continua sendo de fluxo radial.
12. Puxar o colmo para baixo para arrancar a espiga sem levar o colmo para dentro da máquina.
13. Porque o caracol transportador não permite flexibilidade na plataforma, o que não é limitante em plataformas menores. Já nas de grande largura de corte, a esteira transportadora permite maior velocidade e capacidade de transporte, além de flexibilidade na estrutura.
14. Porque em sistema de semeadura direta, a distribuição uniforme da palha facilita apenas uma regulação de carga em todas as linhas da semeadora, além de permitir que a palha atue uniformemente no controle de invasoras.
15. É a perda de plataforma, que corresponde a mais da metade do total das perdas.
16. Somente as perdas internas da máquina e dentre elas, apenas as perdas de separação e de limpeza.
17. Basicamente porque o fluxo de recebimento de grãos enviados pelas colhedoras deve ser criteriosamente sincronizado com a capacidade de processamento, caso este seja interno à propriedade, ou à capacidade de envio e processamento a outras unidades, externas.
18. É justamente remover boa parte das impurezas que o sistema de limpeza da colhedora não removeu. Caso contrário as etapas seguintes poderão estar comprometidas, especialmente a secagem, com riscos de entupimentos e de incêndios.

19. Para transporte vertical, especialmente para abastecer a pré-limpeza e o secador, utiliza-se os elevadores de canecas. Posteriormente, as esteiras e transportadores helicoidais e com menor ocorrência, os transportadores pneumáticos.
20. São os secadores de fluxo contínuo, justamente por serem mais compactos, para um dado fluxo de grãos que precisa ser processado.