

CIRCULAR TÉCNICA

92

Santo Antônio de Goiás, GO
Novembro, 2020

Colheita mecanizada do feijoeiro

Passado, presente e futuro

José Geraldo da Silva
Adriano Stephan Nascente
Antônio Lilles Tavares Machado

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Colheita mecanizada do feijoeiro

Passado, presente e futuro¹

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa alimentar mais importante para consumo direto no mundo (Ganascini et al., 2019) e teve uma produção de 30,4 milhões de toneladas na safra 2018 (FAO, 2020). O Brasil se destacou nas últimas décadas como um dos maiores produtores mundiais de feijão-comum. No País, o cultivo é realizado em três safras, denominadas: 1) safra das águas; 2) safra da seca; e 3) safra de inverno (Salvador, 2018). Na safra 2018/2019 a área plantada de feijão-comum no Brasil foi de cerca de 1,65 milhão de hectares, distribuídos nas três safras agrícolas, sendo 546 mil hectares na primeira safra, 595,7 mil hectares na segunda e 510,3 mil hectares na terceira, e a produção total em torno de 2,4 milhões de toneladas, com 820,3 mil toneladas na primeira safra, 880,7 mil toneladas na segunda e 684,1 mil toneladas na terceira (Conab, 2019).

A cultura deixou de ser uma atividade predominantemente de pequenos agricultores e, hoje, é também de larga escala (Carneiro et al., 2015). Na terceira safra, grande parte da produção é proveniente de áreas irrigadas, onde se aplicam técnicas avançadas de produção, incluindo adubação racional, emprego de defensivos agrícolas e sementes selecionadas. No cultivo do feijão-comum, verifica-se também, incrementos na adoção de práticas de agricultura de precisão, de gestão automatizada de equipamentos de irrigação e máquinas agrícolas e o emprego de equipamentos que auxiliam na manutenção da sustentabilidade dos solos, na racionalização do uso de defensivos e na redução de perdas de grãos na operação de colheita.

Entretanto, apesar dos grandes avanços tecnológicos na cultura do feijão-comum e a disponibilização aos agricultores de máquinas colhedoras de elevadas performances, a perda de grãos na operação de colheita ainda

¹ José Geraldo da Silva, Engenheiro-agrônomo, doutor em Mecanização Agrícola, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO; Adriano Stephan Nascente, Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO; Antônio Lilles Tavares Machado, Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador do Núcleo de Inovação Tecnológica em Máquinas e Equipamentos Agrícolas da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

continua excessiva, tornando-se comum verificar perda de grãos superiores a 300 kg ha⁻¹. A arquitetura inadequada das plantas de algumas cultivares, com muitas vagens posicionadas perto do solo, tem sido a causa principal das elevadas perdas de grãos na colheita mecanizada. No processo de condução da lavoura de feijoeiro, é necessária a associação de boas práticas agrícolas envolvendo a identificação das melhores cultivares com os mais adequados equipamentos colhedores e o manejo adequado do solo para o sucesso na operação de colheita e a redução de perdas.

O feijoeiro pode ser colhido empregando-se os métodos manual e mecanizado. Quando se utiliza máquina, a colheita pode ser realizada em única etapa com colhedora automotriz, ou em duas, a primeira com ceifadora e a segunda com recolhadora trilhadora.

Histórico da colheita mecanizada

A mecanização da colheita do feijão-comum começou a ser utilizada no início da década de 1980, pois, até então, toda a produção era colhida de forma manual. Os primeiros equipamentos para ceifar ou arrancar as plantas de feijoeiro-comum foram providos de lâminas, discos, correias e barra de corte giratória ou serrilhada. As ceifadoras de lâminas eram acopladas na dianteira ou na traseira do trator e possuíam entre duas e oito lâminas, dispostas em ângulo para cortar o solo e arrancar as plantas, semelhante a um arado. Os equipamentos de disco eram acionados por motores hidráulicos, um para cada linha do feijoeiro-comum, e tinham sentido de giros contrários, permitindo juntar as plantas ceifadas de duas linhas numa leira. Eram dispostos na dianteira do trator ou entre os eixos. Também existiram ceifadoras que, ao serem empurradas pelos tratores, giravam os discos livremente, cortando as plantas. Nas ceifadoras ou arrancadoras de correia o princípio de trabalho baseava-se na movimentação de duas correias paralelas, uma em sentido oposto à outra, para prender entre si as plantas e arrancá-las do solo. Já as ceifadoras de barra giratória eram montadas na traseira do trator e possuíam até duas barras de ferro quadradas, com comprimento suficiente para operar em três ou quatro fileiras de plantas. As barras giravam abaixo da superfície do solo, acionadas pela tomada de potência do trator para arrancar as plantas. Por fim, os equipamentos com barra de corte serrilhada, sem flexão

para acompanhar as ondulações do terreno, eram compostos de navalhas serrilhadas com movimentos alternativos. Todos esses equipamentos foram considerados inadequados para o feijoeiro por apresentarem baixo desempenho, principalmente ocasionando elevada perda de grãos. Por outro lado, mesmo possuindo bom desempenho, alguns desses equipamentos não eram indicados para muitas áreas, como àquelas sob o sistema plantio direto, pelo fato de mobilizarem muito o solo.

Ainda na década de 1980, iniciou-se a fabricação de recolhedoras trilhadoras, tracionadas por trator e providas de cilindro de trilha axial de plantas. Esse mecanismo de trilha proporcionava melhor qualidade dos grãos colhidos quanto aos menores percentuais de danos mecânicos e de impurezas, quando comparado com as colhedoras automotrizes de trilha radial existentes. O desempenho superior da trilha axial na cultura resultou em grande aceitabilidade dessas máquinas pelos agricultores e, atualmente, estão presentes em muitas propriedades do Brasil em que se cultiva o feijão-comum.

Na década de 1990 surgiram as colhedoras automotrizes, com barra de corte flexível e cilindro de trilha axial e desempenho bem superior às colhedoras convencionais com barra de corte rígida e cilindro de trilha radial, representando um avanço tecnológico nos processos de colheita do feijão. Nessas máquinas foi introduzido um conjunto de peças denominado kit feijão, proporcionando menor perda de grãos, menos impurezas e danos mecânicos durante a operação de colheita.

Na década de 2000 foram desenvolvidas as máquinas ceifadoras enleiradoras de plantas, que operam acopladas numa colhedora automotriz convencional, após a retirada da plataforma, ou acoplada na lateral de um trator. O mecanismo de corte, formado por barra flexível com navalhas serrilhadas, ceifa as plantas de feijoeiro-comum próximo ao solo, enquanto a plataforma recolhedora, com pinos metálicos retráteis, recolhe e direciona as plantas ceifadas para a esteira transportadora, formando uma leira. Na operação, a máquina é transportada por quatro rodas que a mantêm regulada distante do solo, permitindo que somente a barra flexível deslize no terreno, evitando o revolvimento do solo.

Fatores de sucesso para a colheita mecanizada

Arquitetura das plantas de feijoeiro-comum

Em alguns casos, tem interferido negativamente na mecanização da colheita, pois muitas cultivares não possuem características favoráveis à operação das máquinas de colheita, como o porte ereto e a altura adequada das vagens em relação ao solo, que contribuem para a redução das perdas de grãos. A Figura 1 mostra a distribuição das vagens numa planta de feijoeiro-comum com grande concentração de vagens no terço inferior, onde operam as máquinas colhedoras. Existem dois tipos de hábito de crescimento em plantas de feijoeiro, o determinado e o indeterminado. O determinado, do tipo I, também é denominado arbustivo, pelo fato de a planta ser comparativamente baixa e com ramificações curtas, e o indeterminado é subdividido em: tipo II - indeterminado, com ramificação ereta e fechada; tipo III - indeterminado, com ramificação aberta; e tipo IV - indeterminado, prostrado ou trepador. A maioria das cultivares de feijoeiro-comum no Brasil possuem hábito de crescimento indeterminado, com plantas dos tipos II e III. As cultivares comerciais de grãos pretos e de grãos tipo carioca são exemplos dos



Figura 1. Exemplo de distribuição das vagens nas plantas de uma cultivar de feijoeiro-comum.

tipos II e III. As do tipo II são mais apropriadas à colheita com máquinas do que as do tipo III. Já as dos tipos I e IV, geralmente, apresentam grande perda na colheita mecanizada.

Maturidade das plantas

O feijoeiro deve ser colhido após os grãos alcançarem a maturação fisiológica, estágio em que as plantas estão com as folhas amarelas, com as vagens mais velhas, secas e com os grãos no desenvolvimento máximo. A maturação se refere às alterações morfológicas, fisiológicas e funcionais, que culminam com o ponto máximo de matéria seca nos grãos, em que esses alcançam o máximo poder germinativo e vigor. Na prática, a maturação fisiológica nos grãos é alcançada com o teor de água de até 40%. Estando com elevada umidade, só é possível a realização da ceifa mecanizada das plantas, no entanto a trilha mecanizada deve ser feita posteriormente, esperando-se, normalmente, o teor de umidade dos grãos baixar para, aproximadamente, 22%. Portanto, uma colheita de sucesso para as máquinas ceifadoras se inicia quando os grãos atingem a maturação fisiológica, e para as colhedoras automotrizes quando os grãos estiverem com pouco menos de 22% de umidade. Para uniformizar a maturidade das plantas é comum adotar a prática de dessecar as plantas com produtos químicos (herbicidas específicos), com antecedência em relação à colheita, principalmente quando se planeja colher com colhedoras automotrizes. Para grãos mais secos, com menos de 15% de umidade, a operação das ceifadoras ou das colhedoras deve ser realizada nos horários de menor incidência solar, no período da manhã ou no final da tarde, a fim de minimizar as perdas por quebra dos grãos.

Desenvolvimento das plantas

Obtem-se uma colheita mecanizada de sucesso quando as plantas estão bem desenvolvidas e produtivas. As colhedoras apresentam melhor desempenho se forem abastecidas de plantas uniformes e, se a colheita for feita de forma intermitente, provoca maior perda de grãos na operação e mais danos para a própria máquina, principalmente naquelas que fazem a trilha. Falhas no plantio, controle inadequado de plantas daninhas na lavoura, uso de espaçamentos irregulares entre plantas e presença de plantas doentes e subdesenvolvidas representam alguns dos fatores que depreciam a colheita mecanizada e afetam a perda e a qualidade dos grãos de feijão-comum.

Qualidade do terreno

Por ser muito curto o ciclo de produção do feijoeiro, muitos restos vegetais presentes na lavoura não se decompõem a tempo, causando problemas no momento da colheita mecanizada. Da mesma forma, os sulcos deixados no solo pela semeadora no ato do plantio não se desmancham com a ação física natural, como a da água, nesse período curto de produção. Esses fatores interferem na colheita, pois máquinas operando muito próximas do solo recolhem e misturam terra e palha com as plantas de feijoeiro, depreciando os grãos e exigindo maior potência do equipamento, o que ocasiona maior gasto de combustível. Para contornar esses problemas e obter êxito na colheita, são recomendadas diversas práticas para a lavoura de feijoeiro-comum, como o uso do picador e espalhador de palhas nas colhedoras durante a colheita da cultura anterior, o que facilita a operação de semeadura do feijão-comum e, conseqüentemente, a de colheita. O terreno da lavoura, no sistema plantio direto ou convencional, deve ser adequadamente preparado para receber os grãos e os adubos, ficando sem valetas, buracos, raízes e plantas daninhas. A semeadora adubadora de feijão-comum deve ser preparada para deixar o terreno bem liso, de preferência sem sulcos abertos e, sempre que for conveniente, deve-se equipar as máquinas de plantio com sulcadores de discos, pois esses mobilizam menos o solo do que os sulcadores de haste. A velocidade de plantio deve ser inferior a 6 km h^{-1} para evitar a formação de sulcos abertos, devendo-se também utilizar destorroador ou rolo nivelador imediatamente após o plantio para quebrar os torrões e reduzir as irregularidades do terreno e facilitar a operação de colheita com máquinas.

Máquina correta

A máquina deve ser conhecida em relação à sua capacidade de produzir trabalho com qualidade. Nesse processo é importante ajustar a fração da lavoura a ser semeada num determinado período à capacidade de colheita da colhedora, sempre respeitando os fatores agrônômicos da cultura do feijoeiro. A máquina correta deve extrair o máximo de grãos da lavoura, ser funcional, produzir excelentes resultados do produto colhido quanto à qualidade dos grãos, possuir rendimento operacional adequado, realizar a ceifa das plantas rente ao solo, numa altura inferior a 100 mm em toda a extensão da barra de corte e, especificamente, para as recolhedoras trilhadoras e para as colhedoras autotrizes, realizar a trilha com baixo percentual de danos aos grãos de feijão.

Sistemas mecanizados de colheita

No sistema mecanizado, todas as operações de colheita são feitas com máquinas. No procedimento direto, realizado em uma única etapa, são empregadas colhedoras automotrizes que realizam simultaneamente o corte, o recolhimento, a trilha, a abanação e o acondicionamento dos grãos. O procedimento indireto ou em duas ou mais etapas é caracterizado pela utilização de equipamentos como a ceifadora enleiradora, a recolhedora trilhadora e, em alguns casos, o virador de leiras, em operações distintas.

Máquinas para a colheita indireta

Ceifadoras enleiradoras - Representam um conjunto de modelos de máquinas que vêm sendo amplamente utilizadas no processo de colheita do feijoeiro. Operam acopladas numa colhedora automotriz convencional, após a retirada da plataforma de corte, ou a um trator. O corte das plantas é feito por um conjunto de navalhas serrilhadas presas a uma barra, cujo comprimento pode atingir 6.000 mm. As navalhas possuem movimento alternativo, com cerca de 1.000 golpes por minuto, e operam próximas do solo suportadas por chapas que deslizam sobre o terreno e por controladores de pressão. As ceifadoras podem ter levantadores de plantas que atuam na frente das navalhas para desviar as vagens do corte. Os efeitos benéficos dos levantadores somente são evidenciados em feijoeiros acamados e em lavouras com pouca presença de palha da cultura antecessora. Na operação de ceifa o encontro das plantas com as navalhas se dá por meio do avanço da máquina no campo e pela ação do molinete. Existem molinetes ascendentes e descendentes. O ascendente atua no feijoeiro da base para o ápice da planta e o descendente do ápice para a base (Figura 2). Após o corte, ambos os molinetes conduzem as plantas ceifadas até uma esteira para formar uma leira de plantas sobre o terreno. O molinete ascendente eleva apenas a parte inferior da planta antes da ceifa e depois eleva a planta ceifada em direção à esteira enleiradora, no entanto o descendente eleva a planta inteira antes da ceifa. Geralmente, em feijoeiros acamados, o molinete descendente opera bem no campo, tanto na operação de ida como na de volta da ceifadora e o ascendente apresenta maior perda de grãos quando o sentido de operação é o mesmo do acamamento das plantas. Durante a operação, as ceifadoras são transportadas por



Fotos: Luiz Antônio Vizeu

Figura 2. Ceifadora enleiradora de plantas de feijão-comum com molinetes ascendentes (A) e descendentes (B).

Fonte: (A) Miac Máquinas Agrícolas (2006); (B) Miac Máquinas Agrícolas (2020).

quatro rodas que as mantêm reguladas distantes do solo, permitindo que somente a barra flexível deslize no terreno.

Virador de leiras - Equipamento acionado pela traseira do trator que serve para inverter a leira de plantas no campo com o objetivo de uniformizar e acelerar a secagem, sendo utilizado quando o feijoeiro é enleirado no campo com elevado teor de água nos grãos ou quando chove sobre as leiras de plantas. O virador é constituído, basicamente, de um recolhedor e de uma esteira inversora de leira de plantas (Figura 3). A operação de recolhimento, de inversão e de descarregamento da leira de plantas sobre o solo é muito simplificada e o equipamento possui elevado rendimento operacional.



Foto: Luiz Antônio Vizeu

Figura 3. Equipamento virador de leiras de plantas de feijão-comum.

Fonte: Miac Máquinas Agrícolas (2019).

Trilhadora - Tem muita importância na colheita do feijão-comum. Operando de forma estacionária, acionada por motores de combustão interna ou elétricos ou por tratores, por meio da tomada de potência, as máquinas especiais para feijoeiro-comum são providas de cilindro trilhador rotativo com fluxo de plantas axial, contendo pinos batedores, de côncavo fixo perfurado ou contrabatedor e de unidade de limpeza de grãos. O cilindro axial trilha as plantas ao atritá-las no côncavo, que separa os grãos das palhas graúdas, as quais são descarregadas por um saca-palhas, localizado na traseira da máquina. Os grãos são separados das palhas miúdas pelo ventilador e pelas peneiras, depois acondicionados em sacarias. Alguns modelos de trilhadoras são providos de cilindro trilhador, com fluxo de plantas radial, com desempenho inferior ao modelo axial, pois danificam mais os grãos.

Recolhedora trilhadora - As máquinas recolhem no campo as plantas enleiradas, que foram arrancadas ou ceifadas e realizam a trilha, a separação, a limpeza e o acondicionamento dos grãos. São acopladas aos tratores pela barra de tração e acionadas pela tomada de potência (Figura 4). O sistema dessas máquinas, para o recolhimento das leiras de plantas, dispõe de um conjunto de componentes capaz de efetuar a operação com eficácia e pouco desperdício de grãos. O sistema de trilha é provido de um cilindro trilhador com fluxo axial de plantas e de um côncavo cilíndrico perfurado. O processo da trilha é similar ao das trilhadoras estacionárias, em que o cilindro axial trilha as plantas ao atritá-las no côncavo, que separa os grãos das palhas graúdas, as quais são descarregadas por um Recolhedora trilhadora, localizado na traseira da máquina. Os grãos são separados das palhas miúdas pelo ventilador e pelas peneiras. No caso das recolhedoras trilhadoras, os grãos são acondicionados a granel. As recolhedoras trilhadoras, normalmente, processam as plantas com elevado rendimento operacional e com baixos índices de perdas e de danos aos grãos de feijão.

Máquinas para a colheita direta

Colhedora automotriz - Tem a função de retirar da lavoura os grãos limpos, sem palha ou restos de cultura, com o mínimo de perdas quantitativas e qualitativas. Para realizar essas operações a máquina é provida de quatro unidades, conforme as descrições a seguir:



Foto: Luiz Antônio Vizeu

Figura 4. Recolhedora trilhadora de feijão-comum.

Fonte: Miac Máquinas Agrícolas (2018).

1) *Unidade de corte e recolhimento* - Responsável por separar a porção da lavoura que vai ser colhida, fazer o corte da cultura e enviá-la às outras unidades da máquina. É a unidade que ocasiona as maiores perdas de grãos na colheita do feijoeiro, geralmente superiores a 70%, portanto deve ser bem regulada e operada para se ter êxito. Possui separadores, molinete, barra de corte, transportadores e canal alimentador. Os separadores são, normalmente, barras metálicas posicionadas na parte frontal da plataforma de corte e nas extremidades destas, sendo a primeira parte da máquina a entrar em contato com a cultura, com a função de separar a faixa da lavoura que será colhida pela plataforma de corte. Normalmente, a ação desse componente no feijoeiro provoca elevada perda de grãos, pois é comum o entrelaçamento das plantas enfileiradas. O molinete constitui-se de um rotor de 1 m a 1,5 m, com quatro a seis pentes na periferia que servem para levar as plantas ao encontro da barra de corte, apoiá-las para serem cortadas e, posteriormente, conduzi-las

para dentro da plataforma. No caso do feijoeiro, o molinete serve também para elevar as plantas acamadas, facilitando o corte com menor desperdício de grãos. A velocidade angular do molinete é controlada remotamente do posto do operador, precisando de ajuste para ser superior à de deslocamento da colhedora e proporcionar o mínimo de perdas de grãos e degrana das vagens. A barra de corte é composta de dois elementos cortantes, as navalhas serrilhadas com movimento alternativo e as contrafacas fixas. O perfeito funcionamento do mecanismo de corte é fundamental para uma boa operação, pois navalhas e contrafacas sem fio ou desgastadas podem provocar perda de grãos de feijão ou trilha antecipada, afetando a qualidade destes. A barra de corte para o feijoeiro deve ser flexível, isto é, permitir deslocamentos verticais independentes para acompanhar os desníveis do terreno e o corte das plantas rente ao solo. Os transportadores conduzem as plantas cortadas pela barra de corte, recolhidas pelo molinete, e as levam para o canal alimentador. Há dois modelos de transportadores nas colhedoras, o caracol e as esteiras recolhedoras *draper* (Figura 5). O caracol é um cilindro giratório, com comprimento semelhante à largura da plataforma de corte, sendo cada metade envolta por um helicóide com passo de rosca em sentidos opostos, levando as plantas ao centro da plataforma e, posteriormente, para o cilindro trilhador, por meio do canal alimentador. No centro do caracol existe um conjunto de dedos retráteis para impulsionar o material cortado em direção ao canal alimentador. A altura do caracol, dada em função do volume do material e do tipo da cultura, ou a distância entre os helicóides e o fundo da plataforma devem ser ajustados de maneira que permitam fluxo contínuo de material para o centro da plataforma e para o canal alimentador. Os transportadores *draper* são formados de esteiras que se movimentam da extremidade para o centro da plataforma de corte e do centro desta para o interior da máquina, conduzindo as plantas ceifadas. A velocidade de movimentação das esteiras deve ser ajustada à de operação da máquina, permitindo que todo o material cortado seja conduzido para o interior da colhedora. Ao comparar o sistema *draper* com o caracol, verifica-se que o primeiro apresenta maior capacidade de colheita, maior intervalo entre as manutenções, menor atrito na condução das plantas, trazendo benefícios ao feijoeiro pela redução da trilha antecipada na unidade de corte, e menor peso por largura de corte. Por outro lado, o sistema eleva o preço da colhedora em até 30%. O último componente da

unidade de corte é o canal alimentador, que serve para transportar o material da plataforma de corte até a unidade de trilha e suportar fisicamente a plataforma. O transporte é realizado por uma esteira alimentadora que se encontra no interior do canal e as plantas trazidas da plataforma são arrastadas sobre o fundo do canal pela esteira alimentadora até o sistema de trilha.



Fotos: Antônio Lilles Tavares Machado

Figura 5. Plataforma de corte da colhedora automotriz com os mecanismos de recolhimento de plantas caracol (A) e esteira *draper* (B).

2) *Unidade de trilha e separação* - Com a função de trilhar e de separar os grãos dos demais componentes das plantas, a unidade de trilha é provida de rotor com fluxo de plantas nos sentidos tangencial e longitudinal, sendo, comumente, o primeiro chamado de radial e o segundo de axial (Figura 6). O sistema radial é formado por um cilindro giratório e por um côncavo fixo, ambos dispostos transversalmente na colhedora, que o envolve parcialmente. A distância entre o cilindro e o côncavo é maior na dianteira do que na parte posterior para facilitar a entrada das plantas no sistema de trilha. Esses mecanismos podem ter dentes ou barras estriadas para atritar as plantas. No caso do feijoeiro, o cilindro de barras, comparado ao de dentes, danifica menos os grãos porque a trilha se dá mais pela fricção do que pelo impacto nas vagens. Na trilha, a separação dos grãos do resto das plantas alcança 90%, com os demais grãos separados pelo saca-palhas. Faz também parte da unidade um batedor traseiro, posicionado entre o cilindro trilhador e o saca-palhas, que completa a trilha e direciona o material para o saca-palhas. Esse dispositivo agita o material trilhado para extrair os grãos remanescentes e deslocar a palha para

traz, descarregando sobre o terreno. O sistema de trilha axial é formado de um ou dois rotores, dependendo do modelo da colhedora, e de um côncavo, dispostos longitudinalmente na máquina. O rotor possui aletas na periferia, distribuídas em formato helicoidal, e opera dentro do côncavo que, geralmente, é formado por cilindro fixo de chapa perfurada. À medida que as plantas são atritadas dentro do cilindro pelo rotor, os grãos são retirados dos restos vegetais pelos furos do côncavo. O tempo da trilha axial é maior do que o da radial, porque o rotor opera com menor velocidade e é mais comprido. Assim, a trilha torna-se menos agressiva, o que ajuda a preservar a qualidade dos grãos, principalmente os de feijão. As máquinas dotadas desse sistema não possuem unidade de separação, pois o mecanismo realiza, ao mesmo tempo, as operações de trilha, na parte inicial, de separação, na parte final, e o descarregamento da palha. Existem ainda as colhedoras híbridas, que associam a trilha radial com o rotor axial para trilhar e separar os grãos do resto da cultura. Nessas máquinas o cilindro de trilha radial tem somente a função alimentadora do rotor axial, para a trilha e a separação dos grãos, sendo retirado da máquina o saca-palhas. Esses mecanismos são mais utilizados na colheita do arroz.

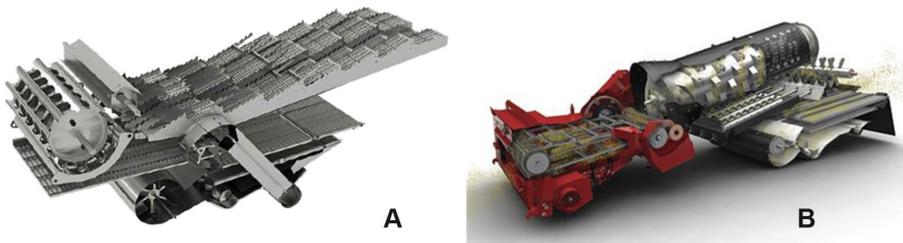


Figura 6. Unidade de trilha e separação da colhedora automotriz com cilindros de trilha radial (A) e axial (B).

Fonte: (A) Harvesto (2017); (B) Case IH (2020).

3) *Unidade de limpeza* - Constituída por bandejão, peneiras superior e inferior, extensão da peneira superior e ventilador, tem a função de separar os grãos do palhicho, da palha curta, da poeira e dos grãos não trilhados. A limpeza dos grãos se dá

por meio de peneiras e do vento produzido por um ventilador de pás. A extensão da peneira superior retém os grãos não trilhados e os conduz para a retrilha.

4) *Unidade de transporte e armazenamento* - O transporte do produto dentro da colhedora inicia-se após a operação de limpeza, distinguindo-se dois fluxos, o de grãos limpos e o de retrilha. No primeiro, os grãos são recolhidos sob a peneira inferior por um helicóide que os conduz, lateralmente, até um elevador, o qual transporta o material até o depósito de grãos, com a descarga feita por um conjunto de condutores helicoidais. O fluxo da retrilha é semelhante, no entanto o material recolhido da extensão da peneira superior e o que passa sobre a peneira inferior é levado, pelo elevador de retrilha, para o cilindro de trilha ou para o batedor traseiro. O armazenamento é feito no tanque graneleiro da colhedora, cuja capacidade varia conforme o modelo da máquina.

Automatização das colhedoras

A automatização visa diminuir os esforços empregados na operação da colhedora e proporcionar aumento da produtividade e da qualidade do trabalho. Atualmente, as colhedoras podem contar com uma gama enorme de sistemas automatizados que auxiliam desde a condução na lavoura até a regulagem e a manutenção básicas, portanto cada uma das unidades componentes da colhedora, vistas anteriormente, é passível de automatização. Assim, a plataforma de corte pode ter regulagem automática para posicionar a altura de operação e variar as velocidades do molinete do mecanismo de recolhimento de planta (caracol ou esteiras *draper*) em função do avanço da máquina e das condições da lavoura. No sistema de trilha pode haver variação automática tanto da rotação do cilindro quanto do distanciamento entre o cilindro e o côncavo. Os sistemas de separação e limpeza podem se autorregular em função das condições e da quantidade de material a ser processado, sempre objetivando mais rapidez na operação e o mínimo de perdas. O controle de todo o processo de automatização é, normalmente, realizado na cabine da colhedora, onde o operador pode atuar na regulagem de componentes de acordo com a necessidade. Em algumas colhedoras o processo de manutenção básica também pode ser automatizado, principalmente quanto à lubrificação. Portanto, com a utilização da tecnologia disponível no mercado a colhedora pode se tornar um veículo autônomo, ou seja, capaz de realizar as operações básicas com pouca interferência humana.

Acessórios para a colhedora automotriz de feijão-comum

Por executarem a colheita rente ao solo, as colhedoras automotrizes para o feijão-comum precisam ser equipadas com plataforma de corte flexível e um conjunto de acessórios, visando diminuir os danos e a mistura de terra aos grãos, que são basicamente os dedos levantadores de plantas, que evitam o corte das vagens; as sapatas de plástico, apoiando e mantendo a barra de corte próxima do solo; as chapas perfuradas na plataforma de corte no alimentador do cilindro trilhador e no bandejão, que eliminam a terra que entra na máquina; o redutor de velocidade do cilindro de trilha radial (próximo de 200 rpm); e o uso do elevador de canecas, que danifica menos os grãos.

Perspectivas para a colheita mecanizada do feijão-comum

Recentemente, a colheita mecanizada do feijoeiro era praticada de forma esporádica e estratégica, quando não havia mão de obra para a operação manual, especialmente o arranquio das plantas, e o uso de colhedoras resultava em elevadas perdas de grãos, quantitativamente e qualitativamente. As máquinas eram comuns às outras culturas e não se ajustavam ao feijoeiro, usadas sem cuidado com os desperdícios de grãos. Atualmente, a tendência para a colheita do feijoeiro, cultivado principalmente nas médias e grandes lavouras, é a adoção dos procedimentos totalmente mecanizados, tanto para ceifar, quanto para trilhar as plantas, utilizando maquinários especializados. Além das vantagens da mecanização, a mudança de procedimento ocorre por causa da escassez e do custo da mão de obra na colheita. Apesar dos avanços alcançados, principalmente com o desenvolvimento de equipamentos colhedores e o lançamento de novas cultivares de feijoeiro com arquitetura de planta mais ereta, a colheita ainda é muito complexa, pois as perdas ainda são elevadas. O surgimento de máquinas que ceifam as plantas numa altura baixa, cerca de 100 mm distante do solo, representa um avanço, porém ainda não minimizou as perdas de grãos. Novas barras para ceifa, mais flexíveis, operando rente ao solo, eficazes abridores de linhas de plantas e efetivos levantadores de plantas acamadas surgirão, melhorando o desem-

penho da unidade de corte e o recolhimento das plantas de feijoeiro. A associação desses fatores com o bom manejo do solo e do plantio, deixando o terreno com a superfície lisa, sem torrões e sulcos, certamente favorecerá a ceifa mecanizada. Por fim, ainda se constata que o maior entrave à colheita mecanizada do feijoeiro é a própria planta, pois muitas cultivares não têm a arquitetura de porte e altura de inserção de vagens favorável ao emprego de máquinas colhedoras, não possuem maturação uniforme e, provavelmente, são os grãos mais sensíveis ao impacto mecânico da trilha entre todos cultivados, sendo que há grande exigência do mercado quanto à qualidade física elevada. Tudo isso cria grande demanda para que os programas de melhoramento de plantas desenvolvam cultivares com características favoráveis à colheita mecânica e redução de perdas, sendo irrefutável que a pesquisa tem feito isso. Contudo, considerando que a colheita mecanizada ainda provoca grandes perdas de grãos, a perspectiva para a colheita do feijão com sucesso é o contínuo investimento no desenvolvimento de cultivares favoráveis à operação mecânica, a utilização de máquinas específicas e a adoção de boas práticas agrícolas.

Referências

CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J. de; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. (prefácio).

CASE IH. **Axial-flow 140 series**. Disponível em: <<https://www.caseih.com/emea/en-gb/products/harvesting/axial-flow-140-series>>. Acesso em: 18 abr. 2020.

CONAB. **Área plantada, produtividade e produção de grãos: safras 2017/18 a 2018/19**. Brasília, DF, mar. 2019. p. 16. (Indicadores da agropecuária, 3). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria/item/download/25230_5c0fd1fb8555868cf5a7bc03b20a75d2>. Acesso em: 20 mar. 2020.

FAO. **FAOSTAT: production - crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

GANASCINI, D.; LAURETH, J. C. U.; MENDES, I. S.; TOKURA, L. K.; SUTIL, E. L.; VILLA, B. de; ALOVISI, A. M. T.; CAON, I. L.; MERCANTE, E.; COELHO, S. R. M. Analysis of the production chain of bean culture in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 7, p. 256-267, 2019.

HARVESTO. **Dreschwerk mit maximaler leistung: grunddaten**. Disponível em: <<http://www.harvesto.de/de/Produkte/ROSTSELMASH/Maehdrescher/ACROS-580/>>. Acesso em: 18 maio 2017.

MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Ceiflex 3000 T**: ceifador de feijão. Maio 2006. Folder. Disponível em: <<http://univermaq.com.br/wp-content/uploads/2016/08/MIAC-CEIFADOR-DE-FEIJAO-CEIFLEX-3000-T-.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2020.

MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Recolhedoras/trilhadoras de feijão**. Disponível em: <http://www.miac.com.br/conteudos/recolhedorastrilhadoras-jyzkiw.html>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Top Flex 4.5 - ceifador e enleirador de feijão**. Disponível em: <<http://www.miac.com.br/conteudo/top-flex-45-ceifador-e-enleirador-de-feijao.html>>. Acesso em: 12 abr. 2020.

MIAC MÁQUINAS AGRÍCOLAS. **Virador de feijão**. Disponível em: <<http://www.miac.com.br/conteudo/transfer-line-r-virador-de-feijao.html>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

SALVADOR, C. A. **Feijão**: análise da conjuntura agropecuária. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 2018. 15 p. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/feijao_2019_v1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão
Rod. GO 462 Km 12 Zona Rural,
Caixa Postal 179
CEP 75375-000,
Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533 2105
Fax: (62) 3533 2100
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital - PDF (2020)

Embrapa

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê de Publicações
da Embrapa Arroz e Feijão

Presidente

Roselene de Queiroz Chaves

Secretário-Executivo

Luiz Roberto Rocha da Silva

Membros

Ana Lúcia Delalibera de Faria, Luís Fernando

Stone, Newton Cavalcanti de Noronha Júnior,

Tereza Cristina de Oliveira Borba

Supervisão editorial

Luiz Roberto Rocha da Silva

Revisão de texto

Luiz Roberto Rocha da Silva

Normalização bibliográfica

Ana Lúcia Delalibera de Faria

Projeto gráfico da coleção

Fabiano Severino

Editoração eletrônica

Luiz Roberto Rocha da Silva

Foto da capa

José Geraldo da Silva

CGPE 016281