

14 – ARMAZENAMENTO DE GRÃOS

Bárbara Heliodora Machado Mantovani*

14.1 – CARACTERÍSTICAS DO GRÃO ARMAZENADO

14.1.1 – Propriedades

a) os grãos armazenados, a granel ou em sacaria, apresentam-se como uma massa porosa constituída dos próprios grãos e do ar intersticial ou intergranular. Constituem material biológico, usando o oxigênio do ar dos interstícios que formam, quando acumulados, para consumir a matéria seca, deixando livre o gás carbônico;

b) os grãos constituem meio mais ou menos favorável para o desenvolvimento de vários tipos de microflora. Sua película de revestimento age como uma barreira natural, porém várias invasões podem ocorrer sob determinadas condições;

c) os grãos são materiais higroscópicos, e há relação definida entre a umidade contida no material e a umidade relativa do ar;

d) os grãos constituem material de bom isolamento contra o fluxo de calor, oferecendo, por exemplo, 1/3 da resistência do "fiber glass": Entretanto, esta capacidade isolante dos grãos pode ser muito reduzida, quando atravessados por um fluxo de ar;

e) o calor necessário para elevar de 19°C a temperatura dos grãos, contendo 13% de umidade, é de aproximadamente 0,4 cal/g. Grãos úmidos possuem calor específico aproximadamente igual ao da água: 1 cal/g. 9°C.

f) a composição química dos grãos consiste em vários carboidratos, proteínas, gorduras, fibras, minerais e vitaminas.

14.1.2 – Equilíbrio Higroscópico

O conceito de equilíbrio higroscópico dos grãos é importante para o estudo da secagem, porque determina o teor de umidade mínimo até o qual o grão pode ser seco, sob dadas condições de secagem. O conhecimento do equilíbrio higroscópico é de grande valia, também, para o estudo da atividade da água no material que é uma medida de sua atividade biológica, inclusive do crescimento de microrganismos.

Os grãos são materiais higroscópicos, e, ainda que sejam submetidos a longa exposição ao ar relativamente seco, retêm apreciável quantidade de água. Conseqüentemente, os grãos expostos a ambientes onde a umidade oscila, absorvem e liberam umidade, tendendo sempre a entrar em equilíbrio com o ar em contato com eles. Quando em equilíbrio, haverá relação entre a umidade dos grãos (equilíbrio higroscópico) e a umidade relativa do ar. Em outras palavras, quando a pressão de vapor de água contida nos grãos é igual à pressão de vapor do ar circundante, o teor de umidade do grão é chamado equilíbrio higroscópico.

O equilíbrio higroscópico depende da temperatura e umidade relativa do ambiente, assim como da espécie, variedade e maturidade do grão.

*Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Experimentos demonstram que geralmente há redução no equilíbrio higroscópico, para uma umidade relativa fixa, quando a temperatura é aumentada. Para milho, os testes têm demonstrado abaixamento de 3% de umidade para cada 18°C aumentados na temperatura.

14.1.3 — Degradação da Qualidade

A qualidade dos grãos depende de uma série de fatores:

- características varietais e da própria espécie;
- condições ambientais durante o desenvolvimento no campo;
- época e método de colheita;
- método de secagem;
- condições de armazenamento.

As qualidades desejáveis em um lote de milho são:

- teor de umidade apropriadamente baixo e uniforme;
- baixa porcentagem de grãos trincados, quebrados, danificados e materiais estranhos;
- baixa susceptibilidade à quebra;
- alto peso específico;
- alta taxa de extração de amido;
- alta porcentagem de óleo;
- proteína de alta qualidade;
- alta viabilidade da semente;
- baixa contagem de fungos;
- alto teor nutritivo.

Entretanto, para cada finalidade a que os grãos são destinados, algumas qualidades listadas acima são dotadas de maior, menor ou nenhuma importância.

Peso Específico

O peso específico dos grãos geralmente aumenta com a secagem. Este aumento depende, do grau de danificação dos grãos, do teor de umidade inicial, da temperatura que o grão atinge durante a secagem, do teor de umidade final e da variedade do grão.

O peso específico não chega a ser uma indicação precisa da qualidade do grão, mas determina o volume requerido para armazenar certo peso de matéria seca do produto em questão. Uma diminuição do peso específico de milho de 720 kg/m³ para 650 kg/m³ significa um aumento da ordem de 10% na capacidade estática de um silo, a fim de se poder armazenar a mesma quantidade de matéria seca.

Colheita

Durante a colheita mecânica os grãos estão sujeitos a impactos mecânicos, que lhes causam rachaduras e quebras. O teor de umidade ótimo para a colheita de milho, a fim de se minimizar os danos mecânicos, está em torno de 18 a 22% (base úmida), segundo experimentos desenvolvidos em outros países. Entretanto, outros fatores que não o teor de umidade à época da colheita influenciam na porcentagem de danificação, como o tipo e regulagem da máquina, variedade, etc.

O dano mecânico pode não afetar imediatamente o valor comercial do grão; entretanto, é fator que aumenta a taxa de deterioração dos mesmos.

Secagem

As temperaturas de secagem podem ter efeitos significantes na qualidade dos grãos. Grãos de milho que atingem altas temperaturas durante a secagem apresentam rachaduras, quebras, descoloração, além de oferecerem dificuldades no processamento, como baixa taxa de extração de amido, óleo e baixa qualidade de proteínas.

Quando se recomendam temperaturas máximas de secagem para determinado grão, deve ser feita distinção entre temperatura do ar e temperatura do grão. Na maioria dos secadores, pelo menos uma parte do lote de grãos atinge a temperatura do ar da secagem. Entretanto, nos secadores de fluxo concorrente ou paralelo, a temperatura dos grãos permanece sempre abaixo da temperatura do ar.

As temperaturas de grãos máximas admissíveis durante a secagem dependem do fim a que se destinam, do teor de umidade e do tipo de grão.

A fim de se assegurar a viabilidade de sementes, a temperatura das mesmas, durante a secagem, não deve exceder a 40°C. Para grãos destinados a indústrias, a temperatura não deve exceder 55°C.

Os nutricionistas não têm opinião unânime a respeito do fato de até quanto as altas temperaturas podem afetar o valor nutritivo dos grãos a serem usados em rações. Sabe-se, entretanto, que, à temperatura de 90°C, a taxa de secagem é tão alta que acarreta excessivo trincamento nos grãos, com conseqüente aumento de susceptibilidade ao ataque de fungos durante o armazenamento. Recomendam-se, por esta razão, temperaturas máximas de 70 a 80°C durante a secagem.

Armazenamento

O objetivo de armazenar adequadamente os grãos é mantê-los, durante todo o período de armazenamento, com as características que apresentavam após a colheita e a secagem. Durante o armazenamento, não se pode melhorar a qualidade: grãos colhidos e secos inadequadamente permanecerão com baixa qualidade, não importando quão bem tenham sido armazenados.

As principais fontes de perdas qualitativas e quantitativas durante a armazenagem são fungos, insetos, roedores e ácaros. A respiração, em certos casos, pode contribuir para perda de matéria seca durante a armazenagem; entretanto, esta perda é pequena, comparada com as perdas causadas por microrganismos.

Fungos

1) Fungos de campo - causam descoloração do cereal, observada quase sempre em grãos expostos a clima excessivamente úmido antes da colheita, além de causarem decréscimo na germinação de sementes. O aparecimento de mofo, causado por ataque de fungos de campo, cessa após a colheita, quando se faz uma secagem adequada dos grãos.

2) Fungos de armazenamento - a maior parte dos fungos de armazenamento se resume em várias espécies do gênero *Aspergillus*, algumas do gênero *Penicillium* e uma do gênero *Sporendonema*. Os danos causados por estes fungos são muito mais sérios do que os causados pelos fungos de campo. Esporos de fungos do armazenamento são abundantes em locais destinados a processamento e armazenagem de grãos, e, sob condições ótimas de temperatura e umidade relativa, germinam e se desenvolvem. As condições que afetam a atividade dos fungos em grãos armazenados são: 1) teor de umidade do grão; 2) temperatura do grão; 3) condições do grão; e 4) impurezas.

Temperatura e umidade do grão - nenhuma espécie de fungo se desenvolve a uma umidade relativa de equilíbrio abaixo de 60%, sendo que algumas espécies de *Aspergillus* se desenvolvem a 65% de umidade relativa. Temperaturas muito baixas e muito altas inibem o desenvolvimento da maioria dos fungos. Em nossas condições, as temperaturas, via de regra, se apresentam em níveis favoráveis para o desenvolvimento de grande número de fungos. A temperatura inferior a 15°C pode-se armazenar com segurança o milho com 14% de umidade. Se a 25°C, um teor de umidade de 13%, ou menos, é necessário para uma boa armazenagem.

Condições do grão - além de condições ótimas de temperatura e umidade, os fungos requerem, para seu desenvolvimento, adequado e prontamente utilizável substrato. O tegumento dos grãos constitui barreira natural contra a infecção pelos fungos. Os grãos danificados pelo manuseio ou atacados por insetos estão mais sujeitos à ação da microflora do que os grãos inteiros, em perfeito estado.

Impurezas - o produto contendo impurezas (fragmentos do próprio produto, encontrados entre os grãos) e matérias estranhas (detritos vegetais e corpos estranhos) é portador de maior quantidade de microrganismos e apresenta condições que aceleram sua deterioração.

14.1.4 - Controle da Microflora

Os métodos empregados para evitar a deterioração dos grãos armazenados consistem em conduzir o teor da umidade, temperatura e taxa de oxigênio a níveis desfavoráveis ao desenvolvimento da microflora.

O teor da umidade dos grãos em equilíbrio higroscópico, com uma umidade relativa de 65%, constitui a linha limite para um período bastante longo de armazenamento, enquanto teores de umidade em equilíbrio, com umidades relativas entre 70% a 75%, podem permitir armazenamento por período inferior a um ano. Dependendo da temperatura, o teor de umidade para armazenamento de milho deverá estar em torno de 13%.

14.2 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade dos grãos exerce profunda influência nas suas propriedades físicas, sendo da maior importância em armazenamento, manipulação e processamento destes materiais.

O teor de umidade do grão é o principal fator que governa as qualidades do produto armazenado, sendo de grande importância também do ponto de vista comercial. A quantidade de água contida nos grãos pode alterar substancialmente o peso do produto negociável.

Expressa-se a umidade em termos de porcentagem, em função de:

1. peso total do grão - umidade em base úmida;
2. peso da matéria seca - umidade em base seca.

14.2.1 - Métodos de Determinação

14.2.1.1 - Métodos Diretos

14.2.1.1.1 - Método Básico de Estufa

A determinação da umidade dos grãos pelo método de estufa é baseada na secagem de uma amostra de grãos de peso conhecido, calculando-se o teor de umidade através do peso perdido durante a operação. Este método é de natureza empírica, de certa forma, e seus resultados dependem do grau de subdivisão da amostra a ser testada, do tempo de secagem, da temperatura e pressão atmosférica reinantes durante a secagem.

Na maioria dos produtos biológicos, é difícil ou mesmo impossível remover toda a umidade pela aplicação do calor sem, ao mesmo tempo, desprender pequenas quantidades de outros constituintes voláteis, causando a decomposição de algumas substâncias. Esta dificuldade em extrair toda a umidade de um grão origina-se principalmente no fato de a água se apresentar em diferentes formas. Assim, nos grãos úmidos, encontra-se parte da água livre, facilmente removida pelo calor, e parte tão fortemente retida que somente é removida com altas temperaturas, podendo causar a volatilização decomposição de outras substâncias integrantes do produto.

Estes aspectos evidenciam a necessidade de o método ser altamente padronizado, no sentido de oficializar os resultados.

14.2.1.1.2 - Métodos de Destilação

Basicamente consistem em remover a água do material pelo aquecimento, mergulhado em um líquido com temperatura de ebulição superior à da água. O vapor de água, oriundo do material, é condensado, recolhido e medido seu volume ou peso.

- a) destilação em tolueno;
- b) destilação em óleo.

14.2.1.1.3 - Método de Substâncias Dessecantes

Utilizado principalmente quando a matéria seca do material facilmente se decompõe ou oxida com aquecimento.

O teor de umidade do material é determinado colocando-se a amostra perto de uma substância altamente higroscópica, que absorve o máximo de umidade do ambiente, o qual, por sua vez, retira a umidade do material em um recipiente fechado.

14.2.1.2 - Métodos Indiretos

Baseiam-se na medição de uma propriedade do material que varie com o seu teor de umidade. Sempre é feita a calibração com os métodos diretos.

14.2.1.2.1 - Método de Resistência Elétrica

A resistência elétrica de um material varia com seu teor de umidade, sendo este princípio aplicado na construção de determinadores de umidade de grãos.

Sabe-se que a resistência elétrica de um material varia com a temperatura. No caso do carbono, o aumento da temperatura promove a diminuição da resistência elétrica e os grãos comportam-se desse modo. Assim, ao se determinar a umidade de grãos com temperaturas elevadas, obtêm-se resultados falsos, pois a resistência, neste caso, é baixa, indicando alta umidade. Deve-se, portanto, fazer a correção devido à temperatura.

Os determinadores baseados no princípio da resistência elétrica têm sua ação limitada em determinada faixa de umidade. Em níveis de até 7% de umidade, a umidade parece estar tão fortemente "retida" a ponto de limitar a condutibilidade, assim apresentando condições pouco satisfatórias para uma determinação exata do teor de umidade. Nos níveis acima de 23%, a condutibilidade nos grãos é aumentada de tal forma que a leitura pode apresentar erros de apreciáveis magnitudes.

A resistência elétrica depende da pressão exercida sobre os grãos pelos eletrodos. Cada tipo de grão, para um mesmo aparelho, deve ser submetido a uma pressão específica, dada pela tabela que acompanha o aparelho.

Grãos retirados do secador ainda quentes fornecerão leitura com teor de umidade abaixo do real, porque as partes superficiais dos grãos estarão mais secas que as internas. O aparelho mede, neste caso, a resistência elétrica das superfícies mais secas dos grãos. Em grãos com as superfícies molhadas pela condensação ou expostos à chuva, acontecerá fenômeno semelhante, ou seja, o aparelho fornecerá leitura acima da real.

14.2.1.2.2 - Método Dielétrico

Nos aparelhos baseados neste método, aplica-se uma fonte de voltagem de alta frequência entre os eletrodos da célula onde os grãos são depositados. As variações da capacidade elétrica do condensador, cujo dielétrico é o grão, permitem determinar a umidade desse grão.

Os aparelhos desse tipo apresentam algumas vantagens sobre os baseados no princípio da resistência elétrica, considerando-se que o efeito dielétrico é um valor independente das condições de superfície, sendo os teores de umidade determinados pelas propriedades intrínsecas da massa a ser testada.

A correção devido à temperatura é necessária, e executada de modo semelhante à correção feita para os determinadores de umidade baseados em resistência elétrica.

São sensíveis quanto à variação da densidade do material na câmara de medição. A amostra deve cair, na referida câmara, da mesma altura. Flutuações de voltagem na linha de distribuição podem afetar a determinação, a menos que o aparelho possa ser calibrado antes das leituras.

14.2.1.2.3 - Métodos Químicos

A umidade é removida adicionando-se uma substância química que se decompõe ou combina com a água. Essa reação química produz um gás que, em recipiente fechado, promove o aumento da pressão internamente. Este aumento de pressão está correlacionado com o teor de umidade.

Outro método é a utilização de um solvente químico que penetra no tecido orgânico, auxiliando a rápida remoção da água dos grãos, previamente moídos (exemplo: extração com álcool metil anidro).

14.2.2 - Fontes de Erros na Determinação de Umidade por Métodos Diretos

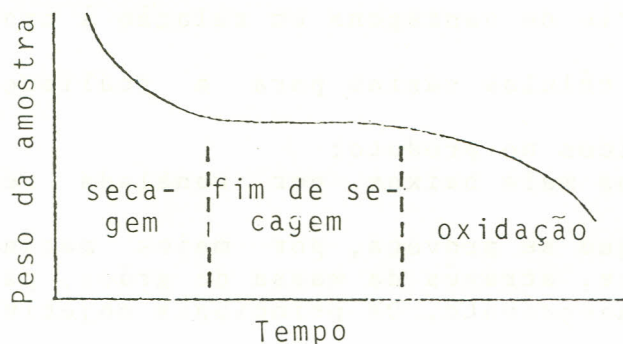
A exatidão na determinação de umidade depende de vários fatores. Alguns deles são:

a) erros de amostragem: se as técnicas de amostragem não forem devidamente executadas, a amostra não será representativa do lote;

b) erros de pesagem: a utilização de balanças inadequadas, com precisão abaixo da requerida, ou de balanças não calibradas, conduz a erros na determinação de umidade. Amostras ainda quentes, provocando correntes de convecção, afetarão a precisão da pesagem.

c) as estufas devem ser checadas em várias características:

- estabilidade da temperatura: devem manter a temperatura na faixa de 1°C da temperatura desejada;
- uniformidade de aquecimento;
- ventilação uniforme;
- velocidade em readquirir a temperatura - não deve exceder 15 a 20 min.;
- exatidão do termômetro;
- seca incompleta ou, então, oxidação do material.



O processo s̄o deve ser interrompido no 2º período que, na prática, é determinado pela obtenção de peso constante.

14.2.3 – Amostragem

O propósito da técnica da amostragem é conseguir, sempre que possível, uma quantidade menor, de determinado lote, que seja dotada de todas as características médias do conjunto.

No caso da determinação de umidade de um lote de grãos, em sacos, retira-se amostrar de pelo menos 10% dos sacos ao acaso.

Em cargas a granel, de vagões ou caminhões, deve-se retirar pelo menos 6 amostras de diferentes pontos.

A coleta de amostras em transportadoras mecânicas e por gravidade é feita retirando-se periodicamente uma amostra do material em movimento.

14.3 – PROCESSAMENTO

Qualquer operação realizada com os grãos consiste num processamento; por exemplo a pré-limpeza, aeração, secagem, fumigação, manipulação, etc. O processamento de grãos pode ser efetuado de dois modos: em lotes ou contínuo.

a) Processamento em lotes - oferece vantagens quanto à flexibilidade e versatilidade do sistema apresentado, a par de desvantagens como:

- interrupção na seqüência do processamento;
- pode requerer transportadores de alta capacidade para compensar as interrupções e reduzir o tempo de carga e descarga;
- não é recomendado para sistemas de processamento de grandes volumes de grãos, em que o fluxo de material é intenso;

b) processamento contínuo:

Vantagens:

- possibilita a manipulação de grande volume de grãos, pois a velocidade do processo, como um todo, é superior em relação ao processamento em lotes;
- não há interrupção durante determinada operação;
- permite maior automatização do processo, reduzindo a mão-de-obra.

Desvantagens:

- alto custo inicial dos equipamentos;
- requer técnicas mais aprimoradas.

14.3.1 – Aeração

Os grãos armazenados a granel necessitam, periodicamente, de arejamento para manter suas qualidades. Esse arejamento pode ser realizado passando-se o produto pelo ar, através da transilagem, ou fazendo-se passar o ar através da massa de grãos, pela aeração.

A aeração apresenta uma série de vantagens em relação à transilagem:

- a) prescinde da reserva de células vazias para a realização da transilagem;
- b) não provoca danos mecânicos no produto;
- c) permite, em geral, custos mais baixos por tonelada resfriada.

A aeração é a operação em que se provoca, por meios mecânicos, a circulação do ar ambiente, através da massa de grãos, para melhorar as condições de armazenamento. Os principais objetivos da aeração são:

- 1) impedir a migração de umidade;
- 2) resfriar a massa de grãos;
- 3) remover maus odores;
- 4) aplicar fumigantes.

13.2.1.1 – Projeto de Sistemas de Aeração

Fluxo de ar necessário:

- a) para manutenção de grãos secos e evitar a migração de umidade:
 - a.1 - silos altos: 0,100 a 0,150 m³ ar/min/ton;
 - a.2 - silos baixos: 0,100 a 0,200 m³ ar/min/ton;
- b) para manutenção de grãos umedecidos ou para resfriamento de grãos quentes, provenientes do secador: 0,3 a 0,6 m³ ar/min/ton.

Requisitos para o aeroduto:

- a) a seção do aeroduto deverá ser de tamanho tal que a velocidade máxima do ar não seja superior a 300 m/min, em aerodutos com comprimento maior que 10 m, e a 500 m/min, em aerodutos mais curtos;
- b) a área da superfície do aeroduto, através da qual o ar entra nos grãos ou sai deles, deve ser suficientemente grande para que a máxima velocidade do ar, entrando ou saindo, não seja superior a 10 m/min, para silos armazens, e 15 m/min, para silos altos.

14.3.1.2 – Disposição dos Aerodutos

- a) As tubulações de circulação devem ser equidistantes, para que se consiga fluxo de ar uniforme através dos grãos;
- b) o espaçamento entre os aerodutos não deve ser maior que a altura da massa de grãos, a fim de que se possa ter uma circulação de ar aceitável através deles.

14.3.1.3 – Operação e Controle dos Sistemas de Aeração

É importante proceder à aeração até que a zona de resfriamento tenha se movido, através dos grãos, até à superfície deles.

Deve-se operar o ventilador sempre que a temperatura externa for inferior em 10°C à dos grãos.

O sistema de aeração pode ser ligado e desligado manualmente. É importante tanto a temperatura como a umidade relativa do ar exterior.

14.3.2 – Secagem

A redução do teor de umidade, através da secagem, é uma das mais importantes operações no processamento de grãos, preservando-lhes a qualidade para consumo como alimento e assegurando-lhes a germinação, como semente.

Basicamente, a secagem consiste na evaporação da água contida

nos grãos, mediante a ação do calor, podendo realizar-se por meio natural (exposição ao sol) e mecânico (secadores).

A extração da umidade contida nos grãos comporta dois fenômenos distintos.

a) movimentação da água contida no interior do grão para sua superfície externa, que depende da condutibilidade e difusibilidade do calor no grão, o que condiciona maior ou menor facilidade do deslocamento da água de dentro para fora do grão;

b) retirada da umidade da superfície do grão para o meio exterior, que depende da diferença de pressão de vapor entre a superfície dos grãos e do ar que os circunda.

14.3.2.1 – Sistemas de Secagem

Os processos usados para a secagem de grãos estão divididos basicamente em duas categorias: aqueles que secam os grãos em lotes e aqueles que secam os grãos enquanto fluem continuamente através do equipamento de secagem. Todos os sistemas de secagem de grãos incluem um dispositivo para movimentação do ar, um meio de introduzi-lo através dos grãos e em local onde são colocados os grãos. Um aquecedor que aumente a temperatura do ar pode ou não fazer parte do sistema.

Os grãos, quando secos em lotes, podem ser retirados imediatamente do secador, após a secagem, para armazenamento ou comercialização. Entretanto, em alguns sistemas de secagem em lotes, a própria unidade armazenadora funciona como secador. O lote, neste caso, consiste no próprio volume de grãos dentro do silo.

Os processos contínuos requerem equipamentos para carregar e descarregar o secador que operem em velocidades consistentes com a capacidade de secagem. O grão, depois de descarregado, pode ser armazenado ou comercializado.

O manejo de um sistema completo de secagem, depois de suas partes componentes terem sido selecionadas, envolve a operação e a manutenção dos equipamentos. A operação do secador está intimamente relacionada com o esquema de colheita. Os grãos devem ser descarregados da carreta que os traz do campo, colocados no secador, sofrer a operação de secagem e ser retirados de acordo com um esquema previamente traçado. A manipulação inadequada dos grãos sempre impede que o sistema de secagem alcance sua máxima capacidade.

Talvez um dos mais difíceis aspectos do manejo da secagem seja a determinação de quando os grãos tenham atingido o teor de umidade médio desejado. Os determinadores de umidade expedidos usados normalmente têm que ser periodicamente calibrados para testar a exatidão de seus resultados. Por causa da distribuição desuniforme da umidade dentro de cada grão, os determinadores podem acusar um teor de umidade mais baixo do que realmente os grãos atinjam 24 horas depois de saírem do secador. Grãos com teores de umidade diferentes, que tenham sido misturados por curto período de tempo, provavelmente não darão resultado correspondente ao teor de umidade médio real. O operador deve usar muito de sua experiência na resolução de quando parar a secagem.

Os grãos secos através de sistemas de secagem com ar aquecido devem ser resfriados antes de ser armazenados ou imediatamente após o armazenamento. A operação de resfriamento removerá a pequena quantidade de umidade.

14.3.2.2 – Sistemas de Secagem em Lotes

14.3.2.2.1 – Em Silos

a) Em silos completamente cheios

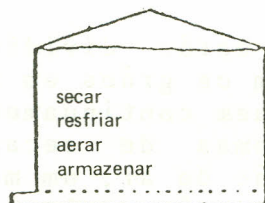
A secagem de um silo cheio de grãos, constituindo um único

lote, é um processo lento. A camada de grãos é geralmente grande (até 5 metros) e o fluxo de ar relativamente baixo.

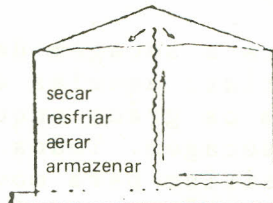
A baixa taxa de sacagem e as interrelações entre crescimento de fungos, temperatura e tempo de secagem não permitem que o teor de umidade inicial seja alto. Para milho, o sistema se aplica até 20% (base úmida).

Figura 1 - Esquema dos Diversos Processos de Secagem de Grãos em Lotes.

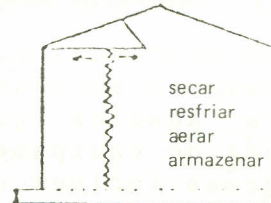
Secagem em silos completamente cheios



convencional

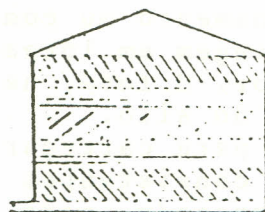


com recirculador



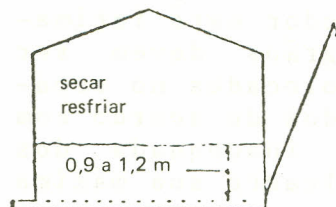
com misturador

Secagem em silos por camadas



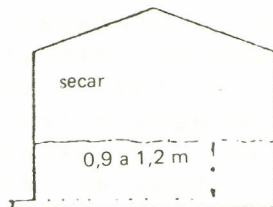
secar em camadas
resfriar
aerar
armazenar

Secagem em silos por lotes.



convencional

armazenar
aerar

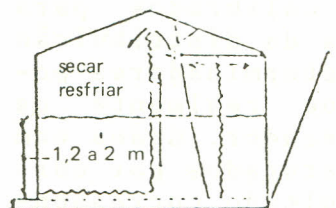


secaeração



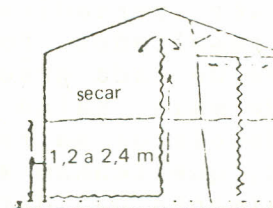
armazenar
aerar

Secagem em silos por lotes com recirculador ou misturador



convencional

armazenar
aerar

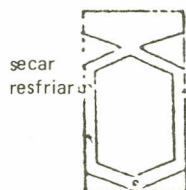


secaeração

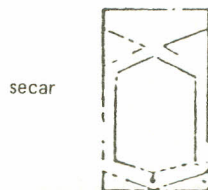


armazenar
aerar

Secagem por lotes em secadores de coluna



convencional



secaeração



armazenar
aerar

Secagem com ar natural - o ventilador deve ser ligado assim que se comece a encher o silo e permanecer ligado continuamente, até que a zona de secagem se mova através da camada e chegue ao seu topo. O grão é aquecido pelo ar durante o dia e, durante a noite, esse grão aquecido serve de fonte de aquecimento para o ar frio soprado pelo ventilador. O ar noturno tem que ser frio o bastante para deter o crescimento de fungos.

Secagem com ar aquecido - é usado um aquecedor em conjunção com o ventilador. Geralmente se coloca um humidistato no "plenum" para servir de controle ao aquecedor, ou seja, ligá-lo somente no caso de a umidade relativa do ar aumentar de um certo valor pré-estabelecido pelo operador. Pode-se fazer o controle através de um termostato, em vez de humidistado. Neste caso, não se tem controle do teor de umidade final do grão e ocorre com frequência a supersecagem. Outra forma de secagem em silos é a chamada secagem a baixas temperaturas, usada somente em climas que tenham temperaturas médias entre 0 e 10°C, durante o período de secamento. Neste caso, aumenta-se a temperatura do ar em cerca de 5°C.

Manejo do sistema - os grãos devem ser inspecionados periodicamente, a fim de que se determine seu teor de umidade e se verifique a ocorrência de fungos.

Vantagens:

- 1) os grãos podem ser colhidos em qualquer velocidade; o sistema não depende da taxa de chegada de grãos do campo por dia;
- 2) o manejo é relativamente simples;
- 3) o manuseio dos grãos é mínimo;
- 4) há alta eficiência no uso da capacidade de secagem do ar;
- 5) os grãos não sofrem supersecagem;
- 6) as baixas temperaturas do ar causam um mínimo de trinca-mento nos grãos.

Desvantagens:

- 1) Há limite quanto ao máximo teor de umidade inicial dos grãos;
- 2) o processo é lento.

b) Secagem por camadas

Neste processo, primeiramente se coloca um lote de grãos e inicia-se a secagem, havendo a formação da zona de secagem. Outras camadas de grãos são adicionadas periodicamente: logo, acima da zona de secagem, existe sempre uma camada de grãos úmidos.

As primeiras camadas geralmente são colocadas no silo com os maiores teores de umidade iniciais (início do período de colheita), e recebem os maiores fluxos de ar, porque a altura da camada ainda está pequena. A última camada adicionada geralmente tem teor de umidade bem mais baixo que a primeira, sendo o fluxo de ar, neste estágio final do processo, bem mais baixo que no início.

A quantidade de grão úmido a ser adicionado por vez é função da velocidade da frente de secagem, do teor de umidade inicial dos grãos e da temperatura do ar quando sai da zona de secagem. A frente de secagem deve passar através de toda a massa de grãos antes que tenha havido tempo para os fungos se desenvolverem.

Manejo do sistema - o equipamento usado neste processo é o mesmo usado para secagem em silos completamente cheios; entretanto, o manejo é mais complexo. Geralmente, os fabricantes de silos secadores fornecem indicações a respeito do esquema de adição de grãos ao silo. Deve-se seguir o progresso da zona de secagem e ajustar a quantidade de grãos úmidos a ser adicionada.

Vantagens:

- 1) mínima manipulação dos grãos;
- 2) o teor de umidade inicial dos grãos pode ser maior quando comparado com o processo anterior;
- 3) o processo é mais rápido do que o anterior.

Desvantagens:

- 1) exigência de manejo mais cuidadoso;
- 2) o esquema de colheita muitas vezes tem que ser restringido.

c) Por lotes

O princípio operacional é forçar grande volume de ar aquecido através de um lote de grãos de altura relativamente pequena, dentro de um silo, para obter secagem rápida, e remover os grãos, após secos, para um silo armazenador.

Este processo é muito variável, principalmente quando se dispõe de um silo de grande diâmetro.

O processo envolve:

- 1) colocar uma camada de grãos de 0,90 m a 1,20 m no silo;
- 2) promover a secagem com ar aquecido (temperatura entre 40°C e 70°C). Os fluxos de ar variam entre 8 m³ ar/min/m³ de grão e 15 m³ de ar/min/m³ de grão;
- 3) fazer o resfriamento dos grãos, com o ventilador.
- 4) retirar os grãos do silo.

Neste processo, frequentemente ocorre a supersecagem, mas o período de resfriamento quase sempre é suficiente para reduzir o gradiente de teores de umidade a níveis aceitáveis, processo que se completa quando o grão é misturado, durante a descarga e transferência, para outro silo, dotado de sistema de aeração.

Manejo do sistema

Envolve uma série de fatores:

- escolha da temperatura do ar - além de se considerar a finalidade a que se destina o grão, o operador deve ter em mente que:

- 1) quanto maior a temperatura, maior o dano mecânico que o grão sofrerá no posterior manuseio; esse dano é fator importante no armazenamento;
- 2) o aumento da temperatura de secagem causa aumento no gradiente de teor de umidade entre grãos no mesmo lote.

- distribuição do ar - é importante que a superfície da massa de grãos esteja nivelada, porque alturas de camadas desuniformes causam desuniformidade no fluxo de ar e, conseqüentemente, na secagem. Outra causa de desuniformidade na distribuição do ar é a acumulação de material fino, no centro do silo, que ocorre durante o descarregamento.

Vantagens:

- 1) a altura da camada pode ser variável, adaptando-se ao esquema de colheita;
- 2) o silo usado para este método de secagem pode ser aproveitado no final da safra para secar grãos pelos processos descritos anteriormente.

Desvantagens:

- 1) grande gradiente de umidade entre os grãos no final da secagem;
- 2) o grão precisa ser manipulado pelo menos duas vezes;
- 3) gasta-se tempo no resfriamento e no descarregamento de cada lote seco.

Equipamentos usados para diminuir o problema da supersecagem.

Misturador de grãos - é um parafuso-sem-fim que remove os grãos mais secos que estão na parte inferior do silo, trazendo-os para as camadas superiores. O parafuso-sem-fim é colocado verticalmente, movendo-se radialmente e também ao redor do silo.

Características:

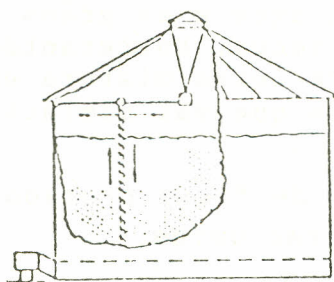
- 1) o gradiente vertical de teores de umidade é reduzido;
- 2) o fluxo de ar é aumentado em cerca de 10% quando se misturam os grãos;
- 3) a velocidade de secagem aumenta porque o fluxo de ar aumenta;
- 4) o equipamento consegue desfazer algum aglomerado de grãos que tenha sido formado;
- 5) permite trabalhar com maiores alturas de camada de grãos.

Desvantagens:

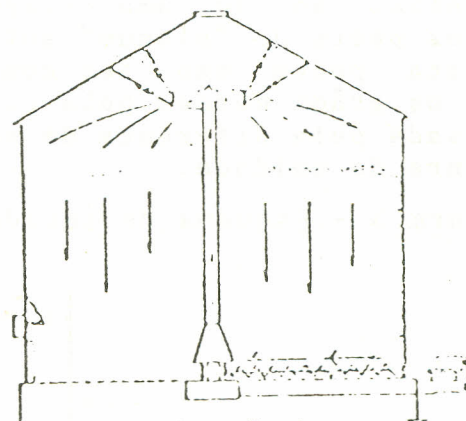
- 1) o sistema quase sempre trabalha sobrecarregado, porque o operador tende a aumentar muito a camada de grãos;
- 2) o material fino tende a se depositar no fundo do silo;
- 3) ocorre canalização do fluxo de ar ao redor do parafuso;
- 4) como o misturador não consegue trabalhar muito junto às paredes do silo, o material neste local pode se estragar;
- 5) a movimentação do material sobrecarrega as paredes do silo.

Recirculador de grãos - este equipamento remove os grãos que estejam a um teor de umidade pré-estabelecido da parte inferior do silo e os coloca no topo da camada. A zona de secagem permanece estacionária e o grão úmido vai descendo até ela. Quando todo o grão tiver sido removido, a secagem está completa.

Figura 2 - Esquema de misturador e recirculador de grãos.



Misturador



Recirculador

As primeiras camadas de grãos que forem removidas do fundo e colocadas no topo sofrerão certo reumedecimento. Entretanto, pode ser modificado, de maneira que o grão removido da parte inferior vá diretamente a outro silo, onde será resfriado (transforma-se em fluxo contínuo).

Vantagens:

- 1) o grão não sofre supersecagem;
- 2) o grão é exposto ao ar mais quente quando ainda está perdendo umidade a uma velocidade considerável, e esta exposição é por um período de tempo menor que na secagem convencional;
- 3) os danos mecânicos são diminuídos porque não ocorre supersecagem;
- 4) o processo pode se transformar em fluxo contínuo.

Desvantagens:

- 1) há sobrecarga no fundo e nas paredes do silo;
- 2) há acúmulo de material fino no fundo do silo.

d) Secagem por lotes em secadores de coluna

Geralmente os secadores são do tipo portátil. Diferem dos tipos anteriores em:

- 1) a altura da camada é menor: geralmente de 30 cm a 45 cm;
- 2) o fluxo de ar é maior, indo de 50 a 100 m³ de ar/min/m³ de grãos;

3) a coluna de grãos é vertical e o ar passa através dela horizontalmente.

O gradiente de umidade entre os grãos é pequeno, devido ao alto fluxo de ar e à pequena espessura da camada. A secagem se completa em cerca de 2 a 3 horas, sendo o material resfriado descarregado e armazenado.

Vantagens:

- 1) são portáteis;
- 2) podem ser operados na tomada de força de um trator;
- 3) podem ser automatizados.

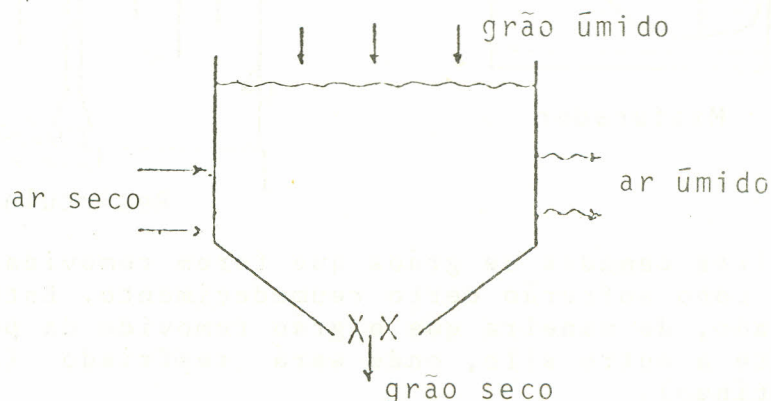
Desvantagens:

- 1) pode ocorrer alguma supersecagem;
- 2) unidades que secam e resfriam com o mesmo ventilador gastam muito tempo para completar toda a operação;
- 3) são pouco eficientes no uso do calor disponível para a secagem.

Sistemas contínuos

1) Secadores de fluxo cruzado - o fluxo é transversal ao fluxo de grãos. Se a coluna de grãos se movesse com a mesma velocidade em todos os pontos de sua seção transversal, o processo seria idêntico ao de uma secagem em lotes em secadores de coluna. Os grãos perto do "plenum" sofrem supersecagem e os grãos da parte oposta podem não ser completamente secos. Entretanto, à medida que os grãos descem pela coluna, ocorre certa mistura entre eles, causada pela diferença de velocidade, o que vai diminuir o gradiente de umidade.

Figura 3 - Esquema de secador contínuo de fluxo cruzado.

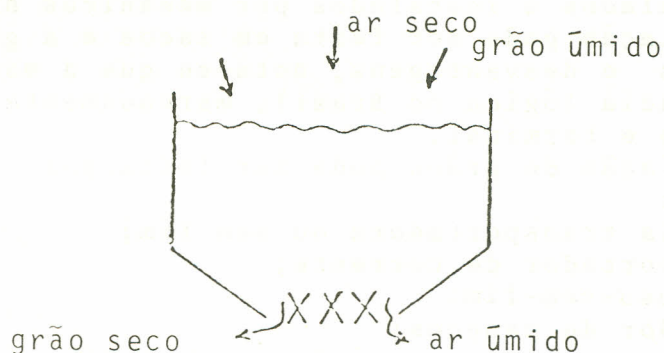


2) Secadores de fluxo concorrente ou paralelo - o fluxo de ar é na mesma direção do fluxo de grãos. O ar mais quente entra em contato com os grãos mais úmidos e o ar é rapidamente resfriado. Quando o ar é introduzido a 150°C, ele se resfria até 80°C, em contato com grãos de 25% de umidade (base úmida); ao longo dos primeiros 5 ou 8 cm do secador, a temperatura dos grãos é muito menor que a temperatura do ar no início da secagem, porque a velocidade de evaporação é muito grande. À medida que o grão flui, sua temperatura aumenta e depois decresce juntamente com a temperatura do ar.

Características:

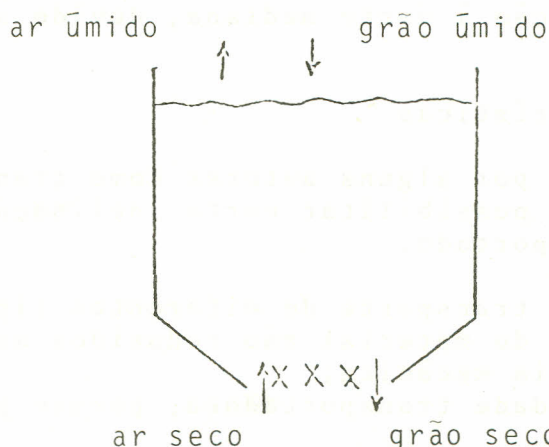
- a) temperaturas de secagem entre 150°C e 260°C podem ser usadas sem causar nenhum dano aos grãos.
- b) quanto mais seco o grão, ou seja, na parte inferior da coluna, mais frio ele estará.
- c) a espessura da camada é relativamente grande. Este tipo de secador constitui exceção à regra de que, quanto maior a temperatura do ar, menor a espessura da camada, a fim de obter grãos de melhor qualidade.
- d) o ventilador trabalha contra alta pressão estática, o que é consequência da espessura da camada do alto fluxo de ar.

Figura 4 - Esquema de secador contínuo de fluxo concorrente ou paralelo.



3) Secadores de fluxo contracorrente - o ar e o grão fluem em direções opostas. Quando se usa um recirculador de grãos nos processos de secagem em silos, faz-se uma secagem contínua contracorrente. A capacidade do sistema pode ser limitada pela capacidade do parafuso-sem-fim que retira os grãos secos. Uma característica inerente ao sistema é que o ar quente e saturado que sai da zona de secagem passa através do grão úmido e frio que entra pela parte superior. Quase sempre ocorre condensação de umidade se a espessura da camada de grãos for grande ou se a temperatura dos grãos úmidos for muito baixa.

Figura 5 - Esquema de secador contínuo de fluxo contracorrente.



Secaeração

Envolve uma combinação de secagem rápida a altas temperaturas, seguida de um resfriamento lento. O grão é descarregado do secador quente e contendo ainda excesso de umidade, sendo imediatamente transferido para uma célula de resfriamento.

Neste local, é deixado em repouso por 6 a 10 horas, efetuando-se a seguir uma aeração que provoca seu resfriamento e finaliza a secagem. A melhor qualidade do grão seco por este método advém primariamente da redução em até 50% de trincamento dos grãos ("stress-cracks").

A capacidade de secagem aumenta de no mínimo 60% com a secaeração. devido a uma combinação de fatores: 1) diminuição da umidade removida no secador; e 2) aumento da eficiência da secagem.

14.3.3 -- Manipulação

A manipulação de grãos é parte do processamento. De modo geral, implica em movimentação dos grãos, em qualquer sentido ou direção, isto é, vertical, horizontal ou inclinado, para cima ou para baixo.

A manipulação de grãos é empreendimento bastante especializado: Grandes instalações devem ser projetadas por engenheiros especializados no assunto, e sistemas menores e pouco complexos podem ser calculados e instalados por mecânicos não especializados.

A manipulação pode ser feita em sacos e a granel. Analisadas as vantagens e desvantagens, nota-se que a manipulação a granel será a tendência lógica no Brasil, marcadamente em armazenamento intermediário e terminal.

A manipulação de grãos pode ser feita por transportadores de vários tipos:

- 1) correia transportadora ou sem fim;
- 2) transportador de corrente;
- 3) parafuso-sem-fim;
- 4) elevador de canecos;
- 5) transportadores pneumáticos;
- 6) transportadores oscilatórios;
- 7) transporte por gravidade.

14.3.3.1 – Correia transportadora ou correia-sem-fim

Basicamente, é uma correia-sem-fim, operando entre duas polias. A correia e seu carregamento geralmente são suportadas por polias intermediárias.

As correias-sem-fim podem ser classificadas em planas e em forma de calha. Para a mesma largura e velocidade, a correia plana tem capacidade menor. A correia de calha, entretanto, apresenta o inconveniente de ter seus bordos sempre sujeitos a uma tensão superior em relação à parte mediana, devido a inclinação dos bordos.

14.3.3.1.1 - Características

São consideradas por alguns autores como transportadores horizontais, apesar de possibilitar certa inclinação, dependendo do material a ser transportado.

- a) possibilita o transporte de diferentes tipos de material;
- b) quebra e dano do material são reduzidos ao mínimo;
- c) alta eficiência mecânica;
- d) grande capacidade transportadora, porque pode funcionar em alta velocidade;

- e) possibilita o transporte a longas distâncias, havendo porém, limite quanto ao ângulo de inclinação;
- f) possibilita efetuar carga e descarga em diferentes pontos ao longo do transportador, sem problemas;
- g) é silencioso em relação aos outros transportadores; e
- h) alto custo inicial, compensado por longa duração, quando convenientemente instalado.

14.3.3.2 – Transportador de corrente

Basicamente é uma corrente que se move sobre uma superfície, arrastando o material. À semelhança dos transportadores de correia, a corrente é sem fim, diferindo quanto ao modo de transporte: as correias-sem-fim carregam o material sobre a correia, enquanto o transportador de corrente arrasta o material sobre uma superfície rígida. Em muitos casos, são fixadas às correntes peças retangulares de madeira ou metálicas, aumentando o rendimento do transporte.

Podem ser classificados em 3 tipos: "trolley", "scraper" ou raspadores e "apron".

"Trolleys" - usados para produtos de grande tamanho, ou que são transportados em caixas ou cestas. Utilizam para o transporte o ramo anterior da corrente.

"Scrapers" - usados para transporte de materiais granulares, não abrasivos. São simples, relativamente baratos, de fácil construção. Podem ser permanentes ou portáteis. Há uma gama de tipos de correntes disponíveis para adaptação em tais sistemas.

"Apron" - plataforma móvel - se as peças móveis de um "scraper" forem substituídas por placas planas, ele se transforma em um transportador tipo "apron". Este tipo é usado geralmente para o transporte de material ensacado.

14.3.3.2.1 - Características

- a) normalmente ruidosos, principalmente quando comparados ao transportador de correia;
- b) eficiência mecânica baixa;
- c) possibilita transportar materiais diversos;
- d) trabalha em baixa velocidade, tendo capacidade reduzida;
- e) permite operar com inclinação maior que os transportadores de correia, porém ainda há limitação. A tabela abaixo mostra a capacidade relativa em relação à inclinação;

Inclinação do transportador	Capacidade relativa
20º	0,77
30º	0,55
40º	0,33

f) permite a carga e descarga em diversos pontos ao longo do transportador. A descarga pode ser feita por meio de escovas ou aberturas na superfície rígida;

g) apesar de simples e versátil, não é próprio para o transporte de grãos em grande escala, isto é, com elevado fluxo.

14.3.3.3 -- Parafusos-sem-fim

O parafuso-sem-fim consiste em um helicóide montado em um eixo que, ao girar, transporta o material. Por causa de sua simplicidade, é usado para o transporte dos mais diferentes tipos de material. Pode ser fixo ou portátil. Pode operar inclusive na posição vertical.

14.3.3.3.1 - Condutores

a) calhas em forma de U - utilizadas para transporte horizontal, permitindo inclinações de até 20° em relação à horizontal. Podem operar cobertos ou não;

b) calhas retangulares - devido ao formato, após uma operação, sempre deixa algum material;

c) tubos redondos - bastante utilizados. Não há limite quanto à inclinação. O espaço entre o helicóide e as paredes do tubo pode variar desde 1 mm até 10 mm.

14.3.3.3.2 - Mancais

O número de mancais é variável. Quando há um só mancal na extremidade onde há a descarga, o transportador é chamado flutuante. Devem funcionar sempre a plena carga. O helicóide neste caso flutua na massa de grãos, servindo estes de lubrificantes. Podem ser também dotados de mancais intermediários, além dos das extremidades. Geralmente possuem eixo muito resistentes, a fim de manter distância constante entre o helicóide e as paredes do condutor. São muito utilizados para materiais que não podem se danificar. Geralmente a distância entre o helicóide e a parede é mínima, evitando assim o esmagamento do produto. Este tipo tem menor capacidade de transporte e preço muito elevado.

14.3.3.3.3 - Carga do parafuso-sem-fim

a) Parafusos sem condutores: alimentação em qualquer parte do transportador;

b) parafusos com condutores: geralmente a alimentação é efetuada em uma das extremidades, podendo ser feita, porém, em qualquer ponto ao longo do transportador. A exposição do parafuso deve ser considerada. Quanto maior, maior será a capacidade do mesmo. Aqueles que operam com inclinações variáveis, geralmente portáteis, possuem um dispositivo que permite variar a referida exposição. De modo geral, a potência requerida é calculada para o transporte horizontal, com máxima exposição do parafuso.

14.3.3.3.4 - Descarga do parafuso-sem-fim

Normalmente é feita na extremidade oposta à da alimentação, podendo ser feita também em qualquer ponto. A abertura da descarga deve ser de modo que permita fluxo igual ao do transportador.

14.3.3.3.5 - Cálculo da capacidade

Pode-se estimar a capacidade desses transportadores na posição horizontal através da fórmula abaixo:

$$\text{Cap} = 4,71 \times 10^{-5} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot N$$

onde:

Cap = capacidade em m³/hora

D = diâmetro do helicóide em cm.

d = diâmetro do eixo em cm.

P = passo do parafuso em cm.

N = nº de rotações do eixo (rpm)

A capacidade real será aquém da calculada pela fórmula. Caso não se disponha de tabela específica, estima-se a capacidade real como sendo 30 a 50% da teórica.

Aumentando-se a inclinação, reduz-se a capacidade. Em relação

à posição horizontal, a redução devido à inclinação é de aproximadamente 30% para 15 e 55% para 25°.

É bastante difícil calcular a capacidade desses transportadores, quando são operados em diferentes inclinações; em geral, os dados são conseguidos experimentalmente.

Para os transportadores horizontais, operando em calhas, a velocidade angular do eixo varia de 40 a 165 rpm e, para os inclinados, em tubulações, de 50 a 900 rpm.

14.3.3.4 – Elevadores de canecos

Consistem basicamente em uma correia ou corrente-sem-fim, com vários canecos ou caçambas presos nas mesmas. De modo geral, trabalham na posição vertical. As correias ou correntes trabalham entre duas polias, uma na parte superior (motora) e outra na parte inferior, ajustáveis, para permitir tensão adequada das correias ou correntes.

Existem inúmeros tipos de canecos, variando a forma, o tamanho, com ou sem perfurações no fundo, ângulos, etc., dependendo do material a ser transportado.

Os canecos estão dispostos ao longo da correia-se-fim ou da corrente em intervalos regulares, existindo, porém, tipos em que os canecos são dispostos seguidamente, sem intervalo, operando geralmente a baixas velocidades, para elevação de materiais brutos como minério e areia. Para grãos, são utilizados transportadores com os canecos dispostos a intervalos regulares, em geral de 2 a 3 vezes a largura geralmente projetada.

14.3.3.4.1 - Correia ou corrente

A correia permite operar com velocidade alta em relação à corrente. A manutenção para o caso da correia requer maiores cuidados. Deve estar isenta de sujeira ou substâncias que provoquem deslizamento com a polia; deve manter a tensão através de frequentes ajustes, enquanto a corrente não oferece tantos problemas porque se encaixa na polia motora dentada.

14.3.3.4.2 - Carga

A alimentação é feita na parte inferior, na altura da polia inferior, do lado dos canecos ascendentes, através de uma moega ou alimentação direta.

A moega é geralmente dotada de uma válvula, tipo guilhotina, que controla a alimentação, a fim de evitar a sobrecarga que poderá travar o equipamento, promover a ruptura da correia ou da corrente, danos no motor, etc.

14.3.3.4.3 - Descarga

É feita na parte superior, aproximadamente na altura do eixo da polia motora, do lado oposto ao da carga. Pode ser efetuada de duas maneiras.

a) descarga centrífuga: realizada pela força centrífuga, quando os canecos atingem a polia motora e sofrem desvio da sua trajetória, forçando os grãos a saírem dos canecos rumo ao centro da abertura de saída. A seguinte expressão fornece a velocidade angular, em rpm, para que ocorra a descarga centrífuga desejada:

$$N = 30/\sqrt{R} \text{ onde } R \text{ é o raio efetivo, em metros;}$$

b) descarga por gravidade: a velocidade angular, neste caso, é bem inferior àquela calculada para descarga centrífuga; portan-

to, o material, ao invés de ser expelido dos canecos, cai sobre um anteparo que o conduz ao duto de descarga. É o tipo de descarga típica de elevadores com canecos contínuos, que operam a baixa velocidade. É pouco usada para grãos.

14.3.3.5 – Transportadores pneumáticos

Nestes transportadores, o material granular é movimentado por uma corrente de ar em alta velocidade, em dutos fechados.

Suas vantagens são custo inicial relativamente baixo, simplicidade mecânica, podendo a trajetória do transportador ser mudada facilmente. Como desvantagens, requerem alta potência e podem causar danos ao material transportado.

Pode ser portátil e bastante eficiente em cargas e descargas de navios e vagões. Se o sistema for de sucção, permite o transporte de dois ou mais pontos para um ponto comum, simultaneamente.

14.3.3.6 – Transportadores oscilatórios

Permitem o transporte de materiais diversos e praticamente não os danificam durante a operação. É equipamento muito utilizado como transportador dosador. Consegue-se um fluxo bastante uniforme, permitindo, entretanto, aumentá-lo ou diminuí-lo, pela variação da frequência de vibração.

14.3.3.7 – Transporte por gravidade

A movimentação de grãos por gravidade ocorre, na prática, de diferentes modos: queda livre, através de tubulações fechadas ou abertas, em forma de calha, planos inclinados, etc.

Fatores que influenciam o fluxo do material:

- ângulo de repouso;
- inclinação dos transportadores;
- material e superfície do transportador;
- vibração;
- coeficiente de atrito dos grãos sobre a superfície do transportador;
- seção do condutor.

14.3.3.8 – Considerações finais

Como se pode ver, não existe o melhor transportador, mas o melhor transportador para cada situação. As várias operações e atividades que constituem o processo devem ser integradas, a fim de permitir o movimento de grãos com o mínimo de interrupções.

As capacidades dos equipamentos devem ser coerentes com o fluxo de grãos. A localização dos mesmos deve ser observada para se obter o máximo proveito do espaço. Outro fator a ser observado é quanto à possibilidade de expansão. O sistema deve ser flexível e permitir aumento futuro.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 01 - BARRE, H.J. *Modern methods for drying grains in bins*. s.n.t. 19p.
- 02 - BEATY, H.H. et alii. *Drying shelled corn*. Urbana, Cooperative Extension Service, 1968. 20p. (Circular, 916).
- 03 - BROOKER, D. B. et alii. *Drying cereal grains*. West Port, AVI Publ., 1974. 265p.
- 04 - CHRISTENSEN, C. M. *Storage of cereal grains and their products* 2. ed. St. Paul, American Society of Cereal Chemist, 1974, 549p.
- 05 - CIBRAZEM. *Recomendações para um programa de incentivo à armazenagem a nível de fazenda*, por P.M. Giudice e T. Hara. Brasília, 1974. 7p.
- 06 - HALL, C.W. *Drying farm crops*. Ann Arbor, Edward Brothers 1957. 335p.
- 07 - HENDERSON, S.M. & PERRY, R. L. *Agricultural process engineering*. 2. ed. s.l., s.ed., 1965. 430p.
- 08 - MANTOVANI, B.H. M. et alii. *Análise e simulação de secagem de grãos de milho em camadas espessas*. s.l., 1976. 90p. Não publicado.
- 09 - NOYES, R.T. *Aeration for saje grain storage*. W. Lafayette, Cooperative Extension Service, 1967. 11p.
- 10 - PUZZI, D. *Conservação dos grãos armazenados*. S.Paulo. Livradores, 1973. 217p.
- 11 - RIO GRANDE DO SUL - Companhia Estadual de Silos e Armazéns . *Grãos; Beneficiamento e armazenagem*. P. Alegre, Sulina, 1974. 148p.
- 12 - ROSS, I. J. et alii. *Grain storage fundamentals*. W.Lafayette, s. ed., 1973.18p.
- 13 - SINHA, R. N. & MUIR, W.E. *Grain storage: part of a system*. West Port, AVI Publ., 1973. 481p.
- 14 - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. *Manuseio, secagem e armazenamento de café*. Viçosa, 1972. 283p.