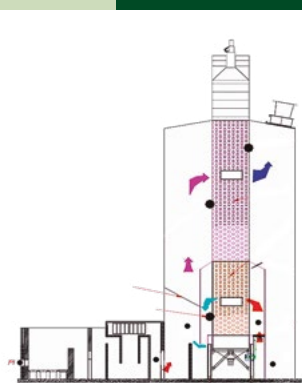


ARMAZENAGEM DE GRÃOS



SECAGEM

SISTEMA FAEP



SENAR - ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Alexandre Leal dos Santos

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
Ivone Francisca de Souza

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santaroza
Paulo José Buso Júnior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Aristeu Sakamoto
Aparecido Callegari

Superintendente

Pedro Carlos Carmona Gallego

FLÁVIO LUIS BUENO HEMING

**ARMAZENAGEM DE GRÃOS:
SECAGEM**



2016

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n. 164, datada de 22 de julho de 1994, e junto a Fundação Biblioteca Nacional e Senar-PR.

Autor: Flávio Luis Bueno Heming

Coordenação técnica: Leandro Alegransi CREA PR - 125189/D

Coordenação metodológica: Patrícia Lupion Torres

Normalização: Rita de Cássia Teixeira Gusso – CRB 9. /647

Coordenação gráfica: dilson Kussem

Ilustrações: Kepler Weber e Sincronia Design

Diagramação: Sincronia Design

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação
e Informação Técnica do SENAR-PR.

Heming, Flávio Luis Bueno.

Armazenagem de grãos : secagem / Flávio Luis Bueno Heming. – Curitiba : SENAR
- Pr., 2016. – 1 v.

ISBN 978-85-7565-135-3

1. Agricultura. 2. Armazenagem. 3. Tipos de secadores. 4. Fornalhas. I. Título.

CDU631.4
CDD633

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio,
sem a autorização do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O Sistema FAEP é composto pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR) e os sindicatos rurais.

O campo de atuação da FAEP é na defesa e representação dos milhares de produtores rurais do Paraná. A entidade busca soluções para as questões relacionadas aos interesses econômicos, sociais e ambientais dos agricultores e pecuaristas paranaenses. Além disso, a FAEP é responsável pela orientação dos sindicatos rurais e representação do setor no âmbito estadual.

O SENAR-PR promove a oferta contínua da qualificação dos produtores rurais nas mais diversas atividades ligadas ao setor rural. Todos os treinamentos de Formação Profissional Rural (FSR) e Promoção Social (PS), nas modalidades presencial e online, são gratuitos e com certificado.

SUMÁRIO

1 SECAGEM.....	7
1.1 POR QUE SECAR.....	8
1.2 PRINCÍPIOS DE SECAGEM.....	8
2 TIPOS DE SECADORES	11
2.1 SECADORES DE LEITO FIXO	11
2.2 SECADORES DE FLUXO	15
2.3 SECADORES DE COLUNA	16
2.4 SECADORES DE COLUNA TIPO "BANDEJAS"	18
2.5 SECADORES DE FLUXO MISTO OU DE CAVALETES.....	20
2.6 SECADORES KHROS (KEPLER WEBER)	22
2.7 SECADORES COM RESFRIAMENTO X SECADORES COLUNA INTEIRA.....	24
3 COMBUSTÍVEIS.....	25
4 SECADORES ANTIGOS	27
5 SECADORES RECENTES	29
6 SECADORES ATUAIS	31
7 FORNALHAS.....	35
7.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA FORNALHA	35
8 OPERAÇÃO DO SECADOR.....	39
8.1 OPERAÇÃO DA FORNALHA	45
8.1.1 Combustão.....	46
8.1.2 Alimentação da fornalha com lenha.....	48
8.2 UMIDADES DE ENTRADA E SAÍDA DOS GRÃOS	49
8.2.1 Fluxo contínuo x fluxo intermitente (rodízio).....	49
8.3 REGISTROS DE AR	50
8.3.1 Temperatura do ar de secagem.....	54
8.3.2 Pressões do ar nos diferentes secadores	57
8.3.3 Ajustes das pressões.....	68
8.4 TEMPERATURA DA MASSA DE GRÃOS	69
8.5 CAPTAÇÃO DE PÓ	70
8.6 TROCA DE PRODUTO	74
8.7 AUTOMAÇÃO DO ABASTECIMENTO DA FORNALHA.....	74

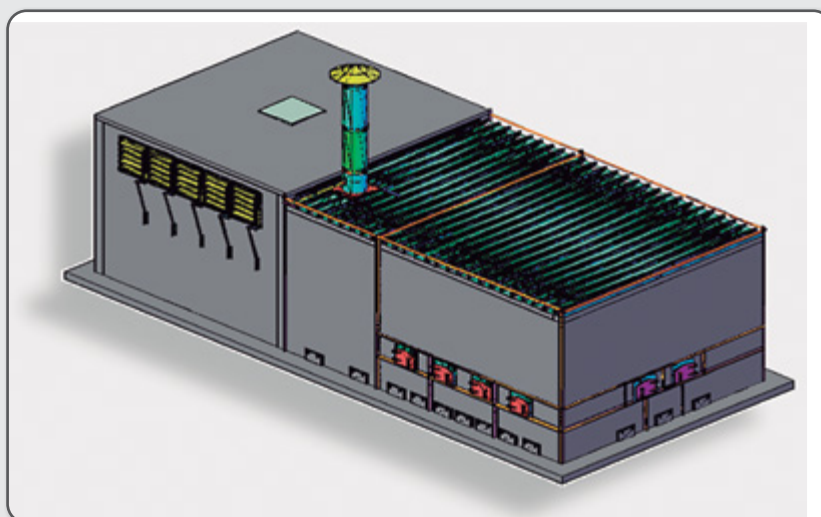
9 CUIDADOS ESPECIAIS.....	77
10 LIMPEZA DO SECADOR E FORNALHA	79
11 MANUTENÇÃO	83
11.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA X MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	83
11.2 PONTOS QUE DEVEM SER REVISADOS.....	84
12 CUIDADOS COM A SEGURANÇA EM SECADORES E FORNALHAS.....	85
13 CONCLUSÃO.....	87
REFERÊNCIAS.....	89

Figura 1 – Secador de grãos genérico.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Figura 2 – Forno para aquecimento de ar.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

1.1 POR QUE SECAR

Os grãos vegetais normalmente são colhidos com teores de umidade acima dos valores recomendados para uma armazenagem segura, ou dos padrões para comercialização.

Para reduzir essa umidade, deve-se realizar um processo que é denominado de “secagem”, que nada mais é do que a remoção da quantidade de água em excesso.

Caso não se promova a secagem até níveis adequados de umidade, além de descontos de valores no momento da comercialização, aumentam-se consideravelmente as chances de perdas na qualidade dos grãos, podendo em se chegar a “perda total”.

Para a maioria dos grãos comerciais, o teor de umidade recomendado para uma boa conservação fica abaixo dos 13% de umidade e, para comercialização sem descontos, essa umidade é de 14% para soja, milho e trigo, ou 13% para o arroz, por exemplo. Ou seja, na hora da secagem devem ser considerados dois aspectos, tempo de armazenagem e comercialização, para se definir qual a melhor estratégia a ser adotada.

No capítulo referente à conservação, são abordados em mais detalhes os teores de umidade adequados conforme o tipo de grão, temperatura ambiente, condições climáticas locais e o tempo que os grãos ficarão armazenados.

Neste capítulo, parte-se do princípio que os grãos deverão ter sua umidade reduzida para valores na ordem de 13 a 14%.

1.2 PRINCÍPIOS DE SECAGEM

A secagem de grãos ocorre por meio da troca de umidade (água) entre os grãos e o ar, estando ambos em contato.

O ar ambiente sempre contém uma determinada quantidade de água na forma de vapor e o conteúdo de umidade máxima do ar depende essencialmente da sua temperatura.

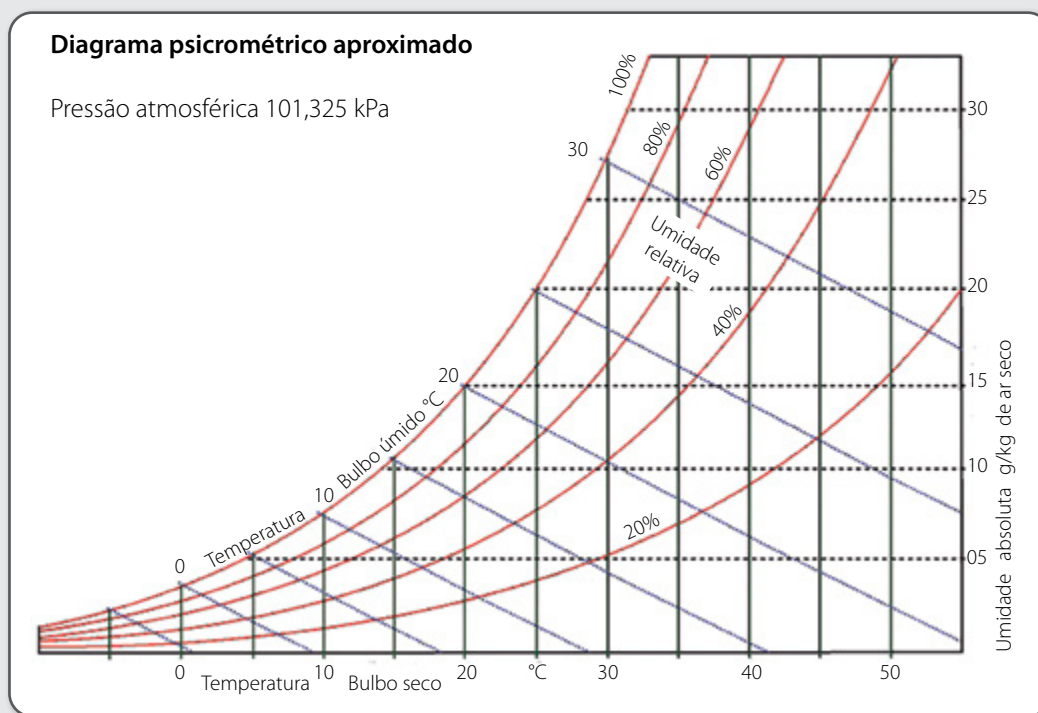
A grandeza que indica o quanto de água o ar pode absorver chama-se umidade relativa, e é expressa em %.

Pode-se entender melhor isso dizendo que o ar com umidade relativa de 100% está saturado, ou seja, não consegue reter mais água além da que já possui, e que abaixo de 100% o ar possui capacidade de absorção de água, sendo maior essa capacidade quanto menor for a umidade relativa.

Não se deve confundir umidade relativa com umidade absoluta. A umidade absoluta do ar é a quantidade em peso de água que o ar contém e é medida em gramas de água por metro cúbico de ar (g/m^3).

A Figura 3 mostra algumas das principais propriedades do ar.

Figura 3 – Diagrama psicrométrico do ar.



Fonte: MSPC – Informações Técnicas, 2007.

No que se refere aos processos de secagem, as propriedades que mais nos interessam são a temperatura do ar e a sua umidade relativa.

No gráfico, pode-se observar que quanto maior a temperatura do ar, maior quantidade de umidade ele pode conter.

Se o ar for aquecido ou resfriado, não se altera a umidade absoluta, ou seja, não se seca nem umidifica o ar, porém, há variação da sua umidade relativa.

Ora, sabe-se que quanto menor a umidade relativa do ar, maior capacidade de absorção de água (capacidade de secagem), é natural que para potencializar a secagem se faça o aquecimento do ar de forma que este possa retirar o máximo de umidade ao passar pelos grãos.

Basicamente, a secagem dos grãos pode ser efetuada a partir de dois princípios: natural ou artificial. Ambos os processos ocorrem devido a trocas de umidade entre grãos e ar.

A secagem natural é feita quando o grão cede umidade ao ar ambiente sem que grãos ou ar sofram alterações pelo ser humano. Exemplo de secagem natural é a que ocorre na própria planta antes da colheita.

Quando a secagem é feita com a interferência humana, chama-se secagem artificial.

A secagem artificial é a que ocorre quando o ar, aquecido ou não, é “forçado” a passar pela massa de grãos como ocorre nos secadores de grãos, silos secadores, ou até mesmo em “terreiros” onde se espalham os grãos para serem secos pelo ar ambiente. .

A partir do momento em que a troca de umidade cessar, devido ao fato de o ar não possuir mais capacidade de absorção de água, está-se no ponto de “equilíbrio higroscópico” entre ar e grãos.

Nos dias atuais, não é viável realizar a secagem natural dos grãos devido ao longo tempo necessário para que essas trocas ocorram, e isso certamente iria comprometer a qualidade dos grãos, sem contar a perda de matéria seca dos grãos que ocorre após a maturação fisiológica enquanto eles ainda permanecem no campo. Então, é inevitável a necessidade de se realizar a secagem artificial e, para isso, são utilizados equipamentos denominados secadores de grãos.

Como visto anteriormente, quanto maior a temperatura do ar de secagem, menor será sua umidade relativa e maior a capacidade do ar para absorver água. No entanto, existem limites para essa temperatura, isso porque ao mesmo tempo em que o ar aquecido retira a água dos grãos (calor latente de evaporação), o ar provoca o aquecimento dos grãos (calor sensível).

Sabe-se que existem temperaturas limite que a massa de grãos pode atingir e que se estes limites forem ultrapassados os grãos começarão a perder suas qualidades físicas, fisiológicas, nutricionais e germinativas.

No caso do arroz, uma temperatura elevada da massa de grãos, além dos problemas já citados, provocará a quebra dos mesmos e isso afeta de forma direta o seu valor comercial.

Para evitar estas quebras nos grãos de arroz a temperatura da massa não deve ultrapassar o limite de 42°C, sendo que alguns autores mais conservadores recomendam o limite de 38°C.

Para os demais grãos, na secagem em elevada temperatura, quando a temperatura da massa ultrapassa 60°C o endosperma do grão começa a sofrer alterações químicas.

Se essas alterações forem pequenas, não afetam o produto como alimento, mas reduzem a taxa de extração de amido.

Por essa razão, as indústrias que processam milho, por exemplo, rejeitam grãos que passaram por secagem em temperatura elevada que causou um superaquecimento dos grãos.

Naturalmente, os compradores não conhecem a temperatura sob a qual foi realizada a secagem, mas podem avaliar a qualidade final do produto por meio do teste de germinação, e outros testes de qualidade.

Para grãos que serão utilizados como sementes, a temperatura máxima recomendada da massa é de 40°C a partir do que estas irão perder consideravelmente suas propriedades germinativas.

2 TIPOS DE SECADORES

Os secadores utilizados para secagem artificial de grãos podem ser divididos em dois grandes grupos:

1. secadores que utilizam ar em temperatura ambiente;
2. secadores com ar aquecido.

Sendo, que dentro desses dois grupos, pode-se ter secadores de leito fixo onde os grãos permanecem estáticos a maior parte do tempo durante a secagem, e secadores de fluxo em que os grãos fluem pelo secador em um movimento vertical descendente, causado pela ação da gravidade durante a secagem.

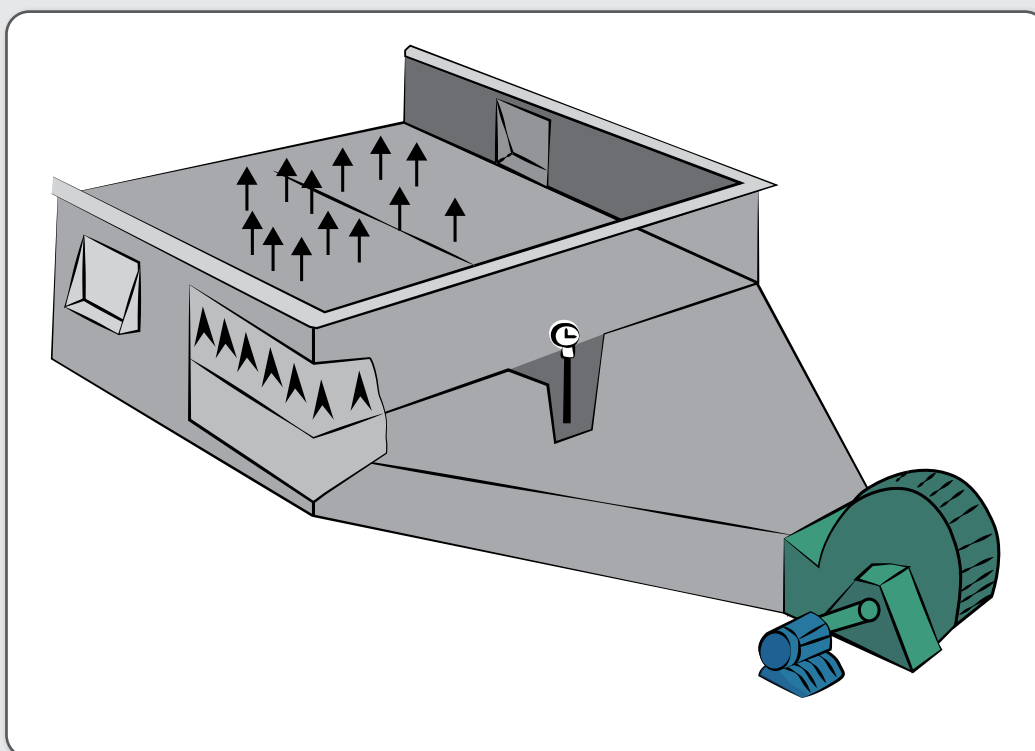
Todos os tipos acima podem utilizar ar em temperatura ambiente, mas normalmente se utiliza ar aquecido.

2.1 SECADORES DE LEITO FIXO

Nos secadores de leito fixo, é preciso tomar muito cuidado quando se utilizar ar aquecido, pois se pode provocar uma sobressecação e aquecimento excessivo em determinadas camadas dos grãos.

Na Figura 4, apresentam-se exemplos de secadores de leito fixo:

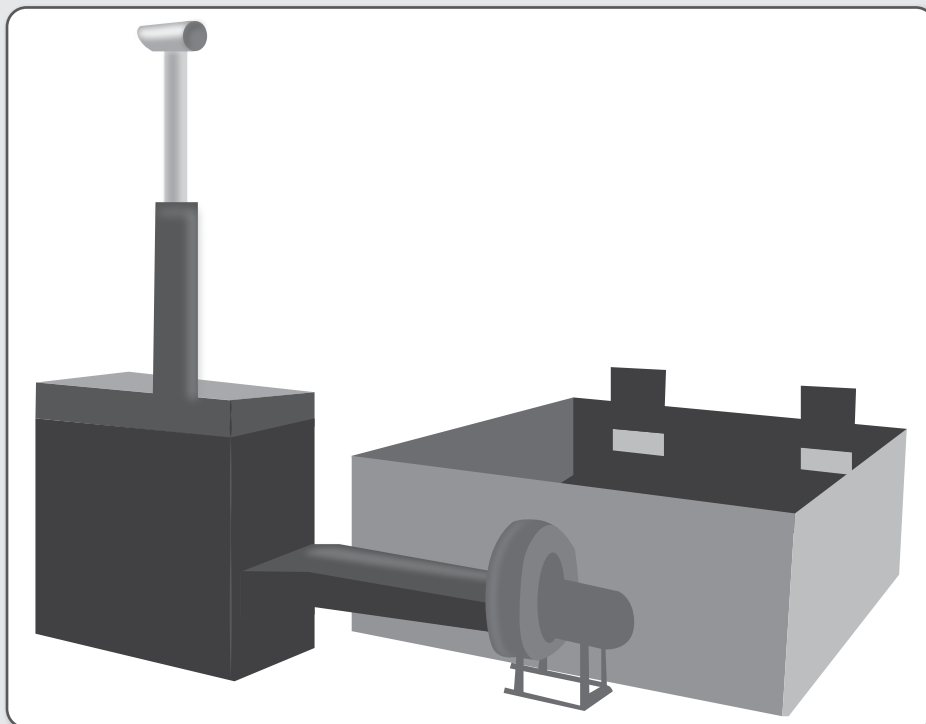
Figura 4 – Exemplo de secador de grãos leito fixo.



Fonte: POLIDRYER – Indústria e Comércio de Máquinas Ltda., 2015.

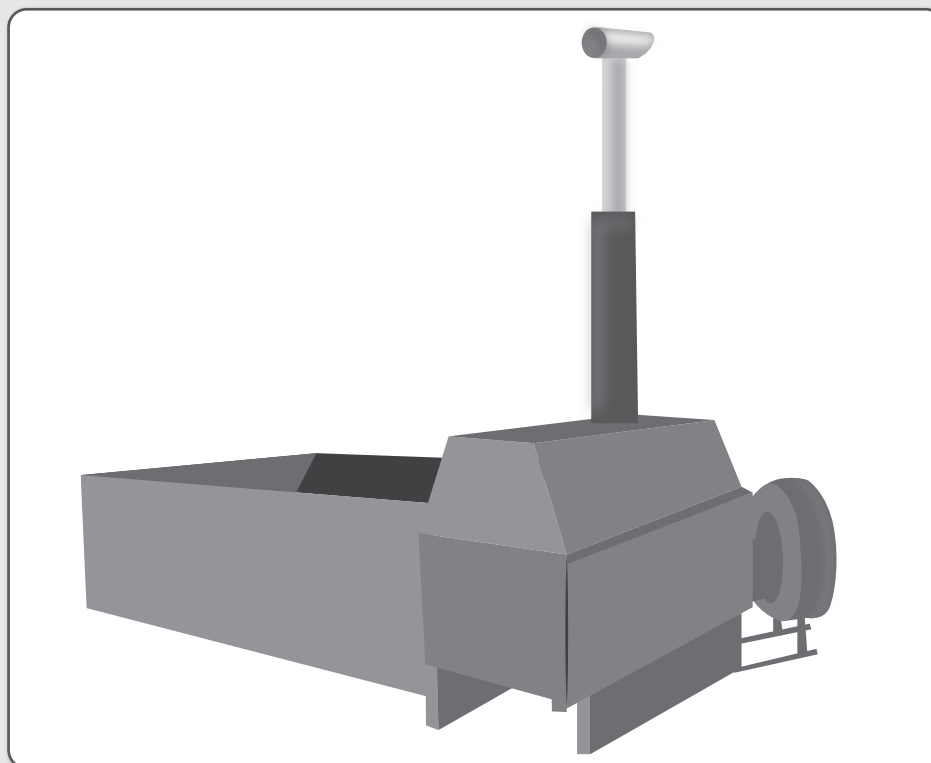
Os modelos a seguir utilizam ar aquecido por uma fornalha.

Figura 5 – Secador de grãos de leite fixo com ar aquecido por fornalha.



Fonte: Perozin, 2015.

Figura 6 – Secador de grãos de leite fixo com ar aquecido por fornalha.

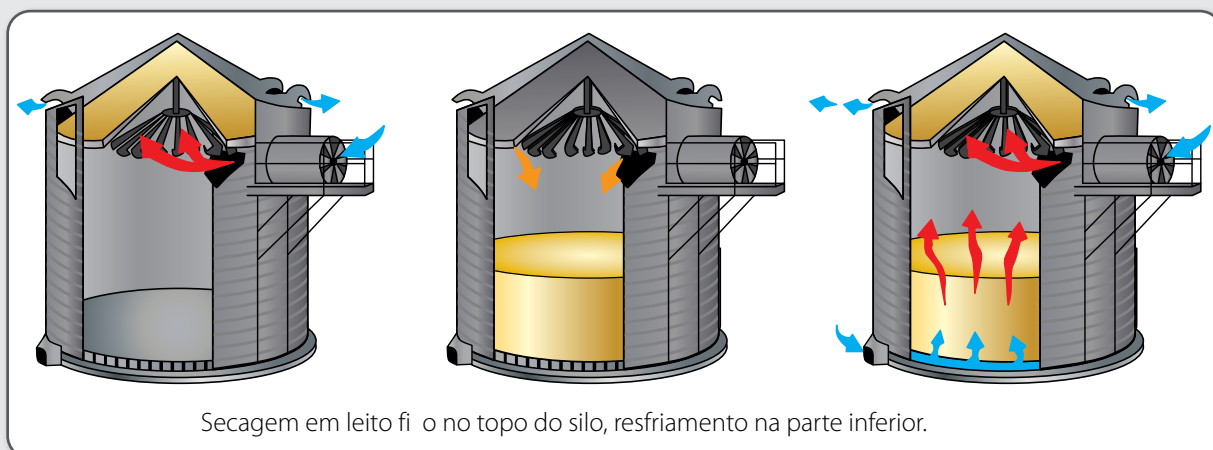


Fonte: Lovato, 2014.

A secagem em leito fixo também pode ser realizada dentro dos próprios silos que irão armazenar os grãos após a secagem, desde que os mesmos sejam projetados e construídos para esse fim.

A Figura 7 apresenta um exemplo desse tipo de silo-secador.

Figura 7 – Secador de grãos de leito fixo dentro de silo metálico.



Secagem em leito fixo no topo do silo, resfriamento na parte inferior.

Fonte: GSI, 2015.

É importante salientar que a secagem com ar na temperatura ambiente ou levemente aquecido ($\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) resulta numa excelente qualidade para os grãos. Porém, dois fatores devem ser levados em consideração.

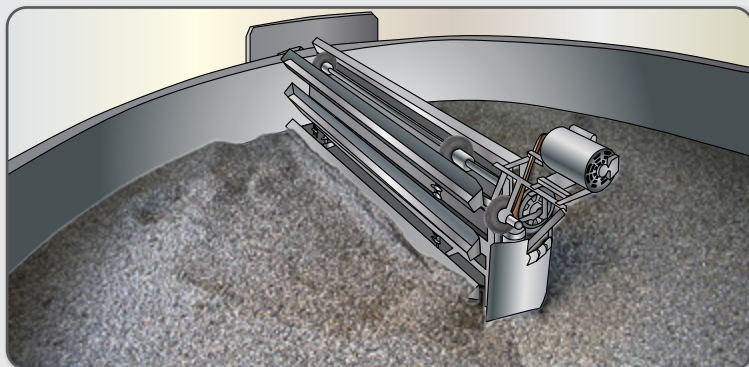
O primeiro se refere ao tempo necessário para esse tipo de processo, normalmente muito longo. Isso pode causar problemas como estrangulamento na capacidade de recebimento de grãos da unidade; perda de qualidade em produto que foi recebido úmido e teve que aguardar muito tempo para ser secado, início de degradação dos grãos em camadas ainda úmidas, entre outros.

E o segundo fator é que devido a esse elevado tempo os custos operacionais e o investimento necessário para atender grandes fluxos de recebimento acabam se tornando bem maiores, o que torna esse tipo de secagem praticamente inviável para as atuais unidades de recebimento e armazenagem de grãos comerciais que operem com grandes volumes.

Para acelerar o processo de secagem e diminuir o risco de uma desigualdade de umidade na massa de grãos nos secadores de leito fixo foram desenvolvidos sistemas que revolvem os grãos de forma automática durante a secagem.

Na Figura 8, tem-se um exemplo desse sistema.

Figura 8 – Secador de grãos de leito fixo com dispositivo revolvedor grãos.



Fonte: Frama Máquinas e equipamentos, 2015.

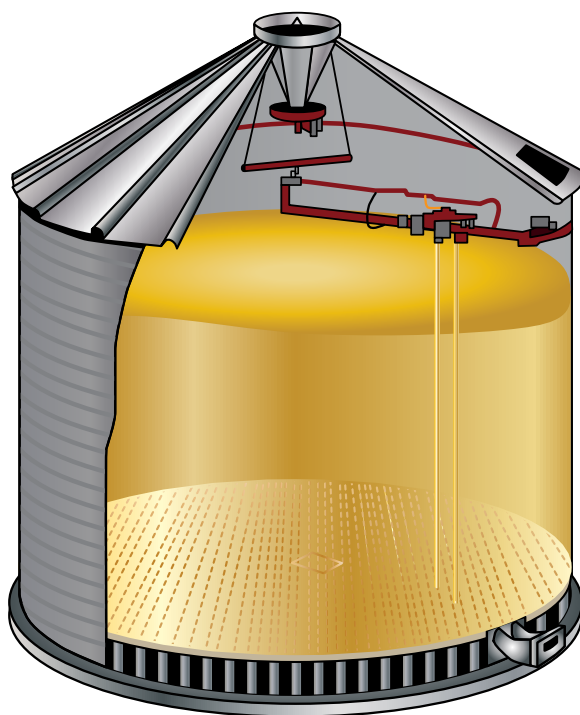
No exemplo acima foi utilizado um sistema que mescla os grãos durante a secagem

Na Figura 9, tem-se outro exemplo semelhante, mas realizado dentro do próprio silo que servirá para o armazenamento dos grãos após a secagem.

Figura 9 – Secador de leito fixo dentro de silo com sistema revolvedor de grãos.

Componentes:

- Silo metálico
- Piso plano perfurado
- Ventilador
- Aquecedor
- Revolvedor de grãos
- Espalhador
- Sistema de descarga



Fonte: QUEIROZ, 2002.

A partir do que foi exposto, pode-se concluir que para as unidades de recebimento e armazenagem de grãos atuais, onde o fluxo de produto é recebido em altas taxas devido à elevada velocidade da colheita, uma secagem em sistema estacionário tipo leito fixo mostra-se economicamente inviável.

O mesmo apenas se justificaria em casos específicos como para produção de sementes ou para unidades ao nível de produtor (fazenda) em que a taxa de recebimento em toneladas por hora (t/h) de grãos e o volume total é bastante reduzido.

2.2 SECADORES DE FLUXO

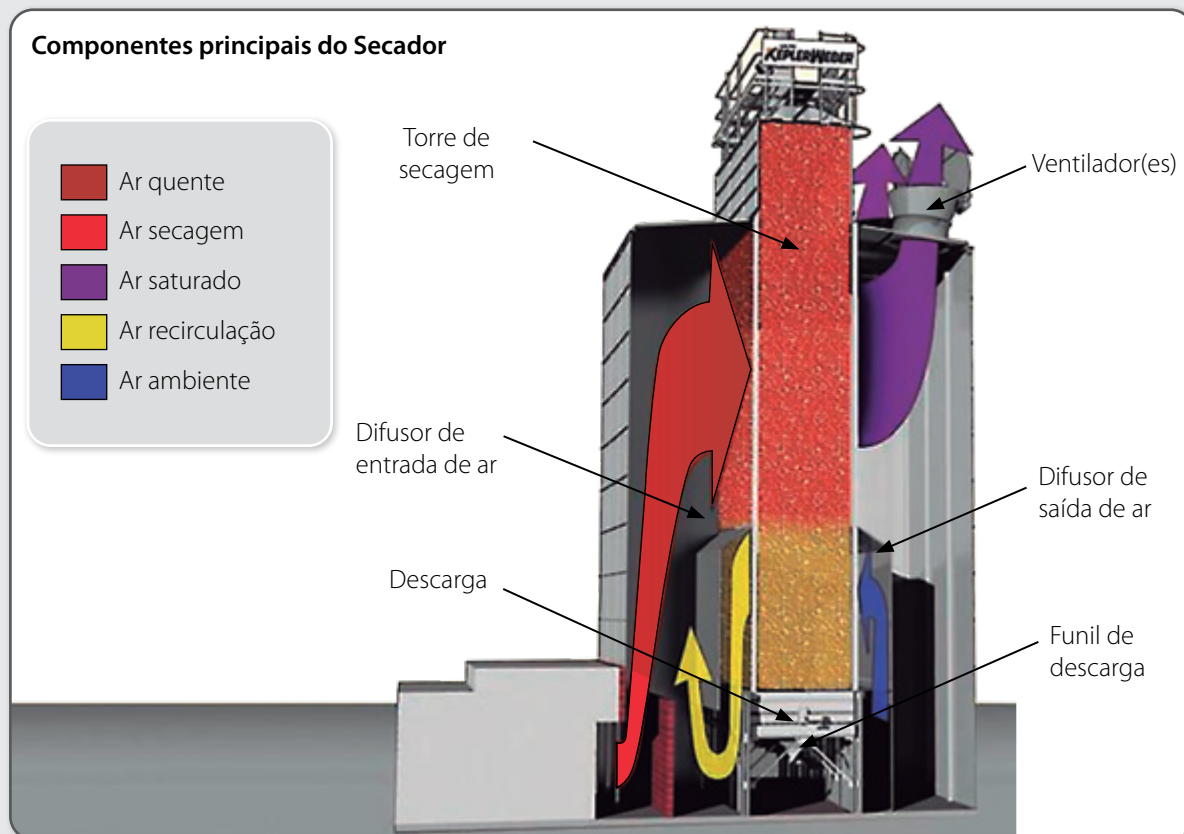
A partir disso, vai-se tratar agora dos secadores mais utilizados comercialmente, que são os secadores de fluxo. Esse termo “fluxo” significa que o produto que está sofrendo a secagem flui pelo equipamento secador, normalmente no sentido vertical por meio da ação da gravidade, enquanto que o ar normalmente aquecido a temperaturas mais elevadas atravessa a massa de grãos.

O movimento do ar pelos grãos é obtido por meio de ventiladores que em geral operam em pressão negativa, ou seja, aspiram o ar aquecido fazendo-o passar pelos grãos, sendo, porém, que existem alguns modelos de secadores que operam com pressão positiva, insuflando o ar de secagem. Após passar pelos grãos e realizar a secagem o ar é expelido ao ambiente.

Para conseguir o maior contato possível entre ar e grãos e assim poder remover a umidade deles, a geometria interna dos secadores é projetada de maneira que a massa de grãos flua em forma de “lâminas” delgadas, e por meio dessas “lâminas” se força o ar de secagem.

A Figura 10 mostra um exemplo de secador comercial de grãos e suas partes principais.

Figura 10 – Corte esquemático de um secador de fluxo típico.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Neste momento, atém-se à forma com que o ar e os grãos fluem dentro da torre de secagem.

A Figura 10 é esquemática e não detalha a geometria interna da torre onde ocorre o contato entre ar e grãos, o que será mostrado a seguir.

Nestes modelos de secadores de fluxo, na própria torre dos grãos, após o estágio de secagem existe uma câmara destinada a realizar o resfriamento dos mesmos, a qual se denomina câmara ou estágio de resfriamento.

Já se viu que os grãos quando submetidos ao ar aquecido além de cederem água para o ar utilizando calor latente para evaporação, acabam tendo sua temperatura elevada pelo calor sensível que aquece os grãos.

Aborda-se no capítulo específico sobre conservação de grãos que não se deve armazenar grãos quentes, sendo que quanto mais frios eles estiverem melhor será a qualidade da armazenagem.

Para que se consiga então reduzir a temperatura da massa de grãos que acabaram de sofrer secagem, os secadores possuem uma câmara destinada a promover o seu resfriamento.

Este resfriamento é obtido pela passagem de ar em temperatura ambiente pela massa de grãos, e com isso se consegue abaixar a temperatura destes para valores que ficam entre 5 a 10 °C acima da temperatura ambiente.

Em secadores antigos, esse ar do resfriamento era lançado diretamente ao ambiente após passar pelos grãos.

Atualmente praticamente todos os secadores fazem o reaproveitamento do ar de resfriamento por meio da recirculação do mesmo. Isso será melhor explicado no item "secadores atuais" mais adiante.

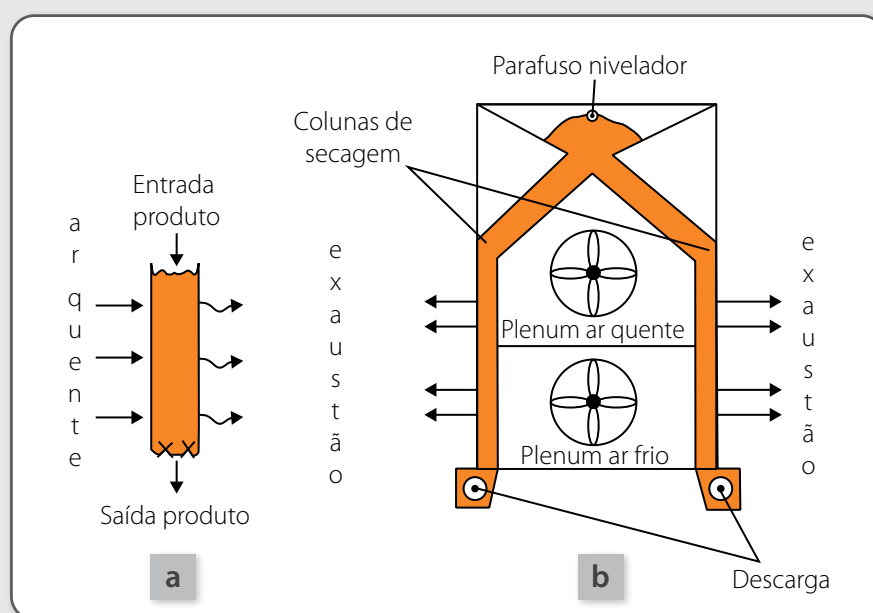
Os secadores de fluxo podem possuir variações de geometria e forma de contato entre ar e grãos. Essas diferentes formas construtivas permitem classificar esses secadores em dois tipos básicos, e que são atualmente utilizados:

O primeiro tipo é o de "coluna", e o segundo é o do tipo "cascata", "cavaletes" ou fluxo misto.

2.3 SECADORES DE COLUNA

Dentro do tipo "coluna", ainda se podem distinguir dois grupos. Um é o que utiliza uma ou duas colunas verticais constituídas por paredes de chapa perfuradas que permitem a passagem do ar conforme exemplo abaixo. Esse modelo é conhecido como secador de fluxo cruzado.

Figura 11 – Secador de fluxo de "coluna" com chapas perfuradas.



Fonte: Silva e Grand, 1998.

Este tipo de secador possui uma forma construtiva bastante simples, porém o mesmo apresenta um grande problema operacional.

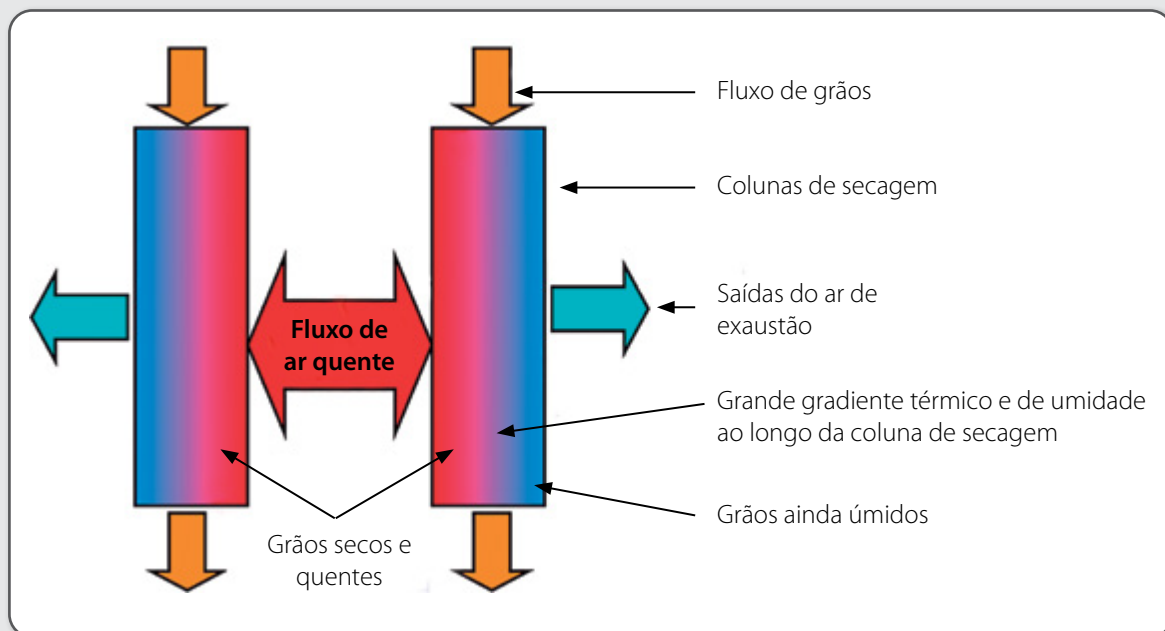
Devido ao fato dos grãos descerem pela coluna sem se misturarem, aqueles que estão em contato com a face por onde o ar aquecido entra sofrem uma secagem bem além dos níveis desejados, enquanto que os grãos que descem pela face onde o ar sai praticamente não secam.

Esse fenômeno de haver regiões onde os grãos não sofrem secagem muitas vezes não é compreendido pelos usuários, mas na prática ele realmente ocorre. Isso porque o ar que entra na face da coluna encontra um grão úmido e frio e como o ar (aquecido) possui elevada capacidade de secagem ele retira muita umidade dos primeiros grãos que encontra.

Ao mesmo tempo em que o ar absorve a umidade dos grãos, ele, (o ar) se esfria e dessa forma, a partir de determinado ponto na coluna o ar não possui mais nenhuma capacidade de secagem e acaba passando por boa parte dela sem realizar nenhuma troca com os demais grãos, nem de temperatura nem de umidade.

Na Figura 12, pode-se ver uma ilustração simplificada do exposto acima.

Figura 12 – Comportamento da secagem em secadores de fluxo cruzado.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Nesse caso, ao se realizar um teste de teor de umidade dos grãos na saída do secador pode-se achar que a massa toda sofreu secagem.

Isso porque a massa de grãos é composta pelo somatório de inúmeros grãos os quais se misturam na saída do equipamento.

Mas na realidade o teste de umidade da amostra de grãos apresentará a média de umidade dos diversos grãos que a compõem, e salienta-se que essa umidade média pode ser enganosa.

A partir disso, pode-se afirmar que alguns grãos que foram secos nesse tipo de secador apresentarão uma umidade muito, muito abaixo do desejado, estando provavelmente com menos de 10% de umidade, enquanto outros estarão com umidade próxima ou até igual àquela que possuíam antes do processo.

Devido a esses fatores e outras questões construtivas e operacionais, esse tipo de secador não é muito utilizado no país.

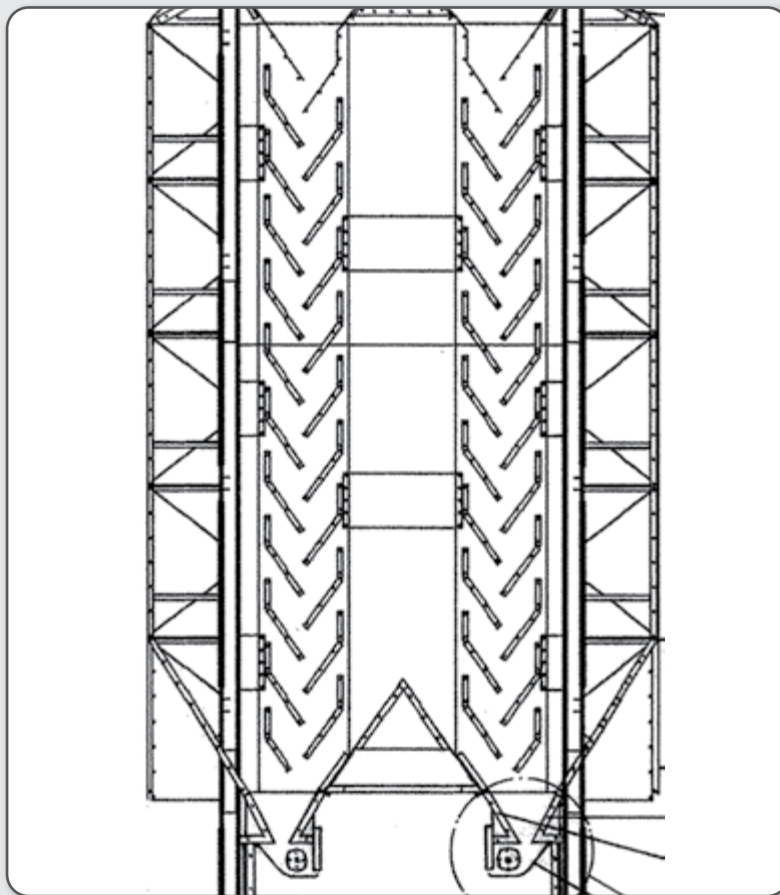
2.4 SECADORES DE COLUNA TIPO "BANDEJAS"

Ainda dentro do grupo de secadores de coluna tem-se um modelo que possui uma geometria interna diferente do apresentado anteriormente (fluxo cruzado).

Pode-se denominar os mesmos de secadores de "bandeja", pois neles a coluna de grãos é formada pela utilização de peças semelhantes a bandejas inclinadas.

Na Figura 13, vê-se um corte transversal de secadores desse tipo.

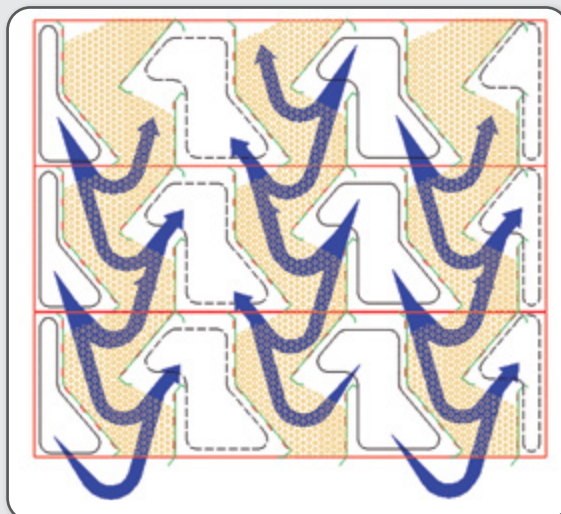
Figura 13 – Seção de secagem de um secador de coluna de bandejas típico.



Fonte: Kepler Weber, 2014.

A Figura 14 apresenta um detalhe da passagem do ar pela massa de grãos em um secador de colunas tipo bandejas.

Figura 14 – Detalhe do fluxo de ar em secador de bandejas.



Fonte: Kepler Weber, 2014.

Na Figura 14, podem-se ver as linhas de fluxo de ar em azul atravessando a massa de grãos, em tom amarelo claro e as linhas tracejadas representam as "bandejas" que sustentam a coluna de grãos.

Esses secadores foram desenvolvidos com o objetivo de eliminar a deficiência que existe nos secadores de coluna de fluxo cruzado, com relação às desigualdades de secagem que ocorrem entre eles.

A geometria interna dos secadores de bandeja faz com que os grãos se mesquem ao descer pela coluna, ou seja, não descem de forma vertical simplesmente.

Outro fator que melhora o funcionamento é que o ar transita em várias direções ao passar de um lado para o outro da coluna, e isso beneficia todo o processo de secagem.

Como a secagem é um fenômeno que ocorre na superfície dos grãos, é desejável que o contato entre ar e grãos ocorra em todos os pontos do tegumento (película externa) dos mesmos.

Outro aspecto muito importante com relação a estes secadores é que devido a não existirem "vértices" internos onde possa ocorrer retenção de grãos e/ou impurezas, estes secadores são bem menos suscetíveis a incêndios e isso permite que se coloquem grãos com teores de impureza mais elevados do que em outros tipos de secadores como os de fluxo misto (de cavaletes).

Porém, devido à existência de camadas de grãos relativamente espessas, a eficiência deles é menor do que os secadores de cavaletes.

Em resumo, os secadores de coluna tipo bandejas apresentam uma série de vantagens em relação aos de fluxo cruzado e ainda algumas vantagens em relação aos secadores de cavaletes e, embora tenha uma eficiência um pouco menor que estes últimos, atualmente têm sido preferidos pelos clientes em vista da menor probabilidade de incêndio e possibilidade de se colocar produto com maiores teores de impurezas.

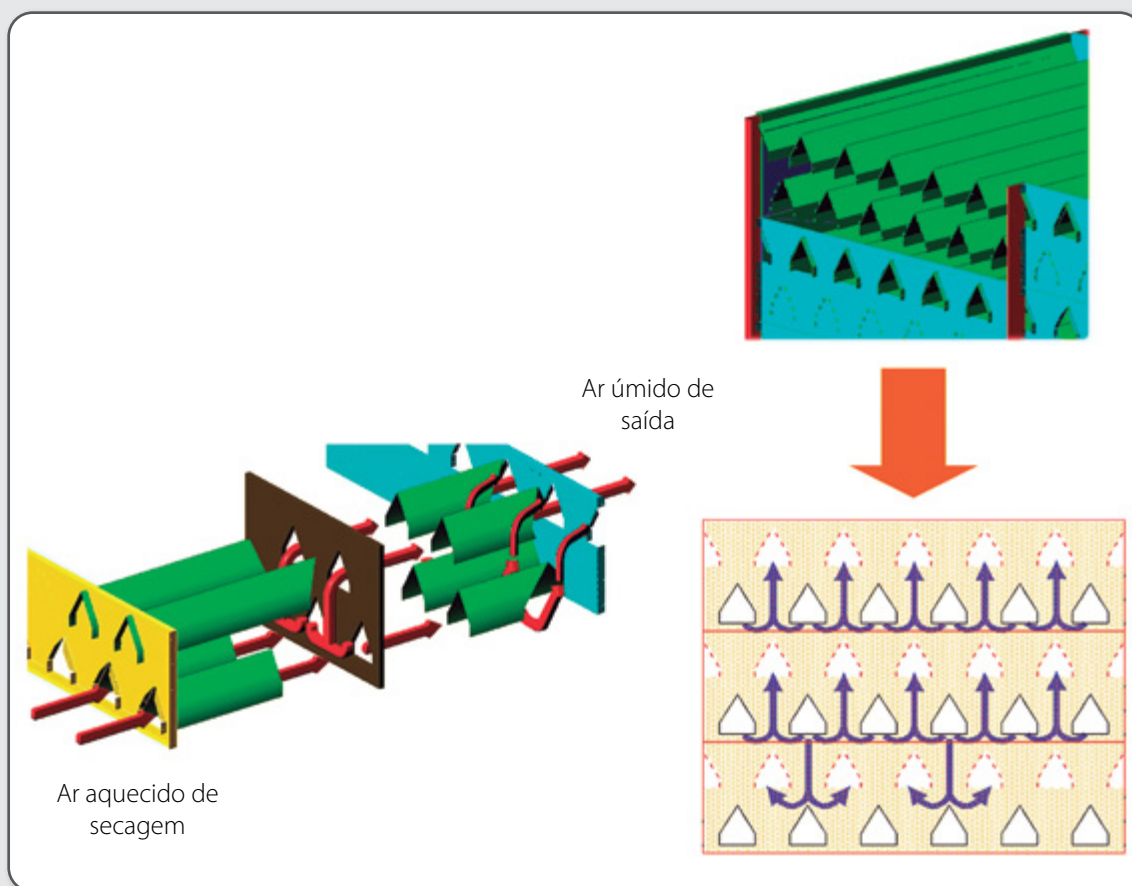
As questões relativas a incêndio em secadores serão mais detalhadas quando for tratado das fornalhas e sistemas de aquecimento do ar.

2.5 SECADORES DE FLUXO MISTO OU DE CAVALETES

Este modelo de secador é certamente o mais vendido e que existe em maior número no Brasil. A sua forma construtiva propicia uma qualidade de secagem muito boa, e também uma grande eficiência.

A Figura 15 mostra como ocorre a passagem do ar e o fluxo de grãos em um secador de cavaletes.

Figura 15 – Fluxo de ar e grãos em um secador de cavaletes.



Fonte: Kepler Weber, 2014.

Pode-se ver que os grãos neste caso são forçados a percorrer um caminho em "zigue-zague" ao descerem pela torre de secagem.

Como os cavaletes (ou dutos) são dispostos de forma que uma fileira é aberta de um lado da torre e fechada no lado oposto, o ar de secagem ao ser sugado pelo ventilador não tem outro caminho a fazer senão o de atravessar a massa de grãos.

Ao fazer isso, o ar assume várias direções e sentidos diferentes ao passar pelos grãos, e como mencionado anteriormente, essas mudanças de caminho do ar e dos grãos é extremamente benéfica para o resultado da secagem.

Estes secadores apresentam uma eficiência maior que os de coluna justamente porque possuem esse comportamento particular do ar e dos grãos, aliado ao fato de que as camadas de grãos entre os cavaletes são bastante delgadas, o que beneficia a eficiência do sistema. No entanto, estes secadores têm algumas limitações sendo a principal delas no que se refere ao teor máximo de impurezas que a massa de grãos pode conter.

Devido à sua forma construtiva, os dutos formam vértices internos que ficam em contato com os grãos e com isso se houver impurezas, principalmente palhas e ramas junto com os grãos, haverá a tendência destas se acumularem nestes vértices e assim causarem pontos de obstrução à descida dos grãos.

Grãos muito úmidos ou também com um percentual maior de pó, também tendem a se acumular em cima dos vértices dos dutos. Além disso, existe uma tendência de acúmulo e retenção do produto junto às paredes laterais da torre pois a própria disposição dos dutos e sua forma construtiva causa um efeito indesejado que é o de direcionar as impurezas para as laterais quando o produto está descendo pela torre.

Pois bem, o acúmulo e retenção de produto e impurezas dentro de um secador de grãos pode causar uma série de problemas e efeitos indesejados e o mais grave deles é sem dúvida o aumento na probabilidade de incêndios, o que se acontecer, poderá provocar uma série de prejuízos de grande monta.

O menor dos prejuízos no caso de um incêndio seria a simples parada do equipamento para eliminação do(s) foco(s) de incêndio, limpeza e retomada de operação, e, com isso, uma grande perda de tempo.

Mas, além disso outras perdas maiores podem ocorrer incluindo a queima e consequente inutilização do produto queimado, e a perda de parte ou até de todo o equipamento e de outras estruturas adjacentes.

Não são raros os casos que um incêndio em um secador ocasionou a perda total do mesmo, com seu colapso estrutural e queda e que também afetou diversas outras estruturas da unidade. Isso sem falar no dano incomensurável que é o de vir a ferir, com risco inclusive de morte, alguma pessoa envolvida na operação .

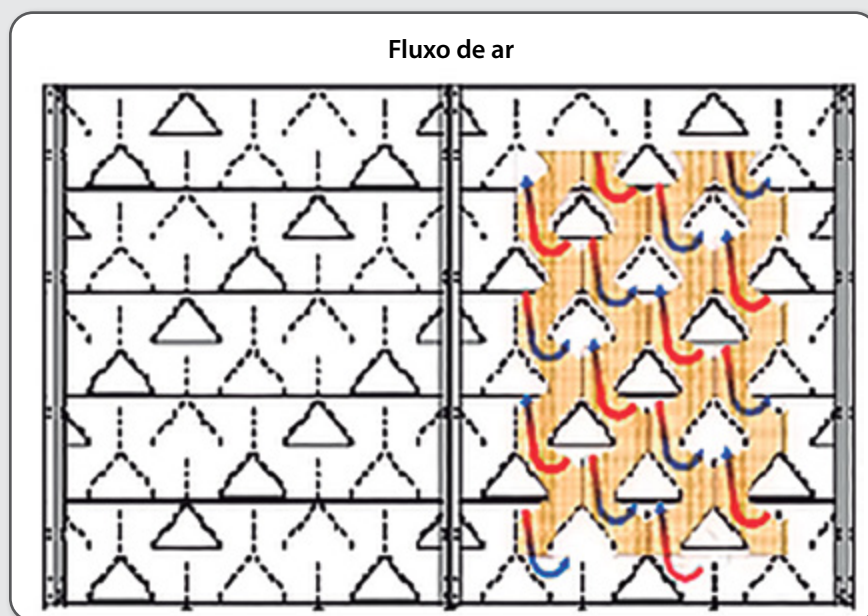
2.6 SECADORES KHRONOS (KEPLER WEBER)

A empresa Kepler Weber, que é fabricante nacional de produtos para armazenagem de grãos, desenvolveu recentemente um modelo de secador com o objetivo de aliar as vantagens dos modelos de cavaletes com os de colunas com bandejas.

A sua forma construtiva propicia uma qualidade de secagem muito boa, grande eficiência, e também evita que ocorra acúmulo de impurezas e grãos dentro da torre. Isso se consegue pela geometria e forma construtiva interna onde os “dutos” possuem uma divisória que impede que os grãos tenham uma movimentação lateral na torre e também impede que existam “vértices” ou pontos onde as impurezas e grãos possam ficar retidos.

A Figura 16 mostra a forma construtiva desse novo modelo de secador.

Figura 16 – Fluxo de ar e grãos em um secador modelo Khronos.



Fonte: Kepler Weber, 2014.

Na Figura 16 podemos observar que o fluxo de ar é semelhante ao de um secador de cavaletes.

E na Figura 17 pode-se ver a formação das "colunas" internas a partir da utilização da divisória sobre os dutos.

Figura 17 – Vista da torre de secagem do secador "Khronos" mostrando fluxos de grãos (a); fluxo do ar (b); e as "colunas" de grãos independentes (c).



Fonte: Kepler Weber, 2014.

A partir da diferente forma construtiva da torre, consegue-se realizar a secagem de grãos com maior percentual de impurezas do que nos secadores de cavaletes.

Da mesma forma que os secadores de colunas, os secadores Khronos podem receber produto com um teor de impurezas máximo de 4%, salientando que esse percentual poderá ser reduzido conforme o tipo de impurezas contidas na massa de grãos.

Outra diferença em relação aos secadores convencionais do mercado é a de que o Khronos opera com insuflação de ar de secagem, ou seja, com pressão positiva nos difusores de entrada de ar.

2.7 SECADORES COM RESFRIAMENTO X SECADORES COLUNA INTEIRA

Os secadores comerciais normalmente possuem uma parte da torre de secagem destinada ao resfriamento dos grãos. Quando existente, essa seção fica localizada logo após a seção de secagem e corresponde a aproximadamente 1/4 a 1/3 do volume total da torre.

Ela serve para abaixar a temperatura dos grãos que estão deixando a zona de secagem, de forma que ao serem enviados aos silos, os grãos estejam com uma temperatura mais próxima da temperatura ambiente. Porém, os secadores podem ser projetados para funcionar sem a seção de resfriamento, ou seja, utilizando toda a torre para secagem, e nesse caso diz-se que o secador opera em “coluna inteira”.

Um caso típico são os secadores de arroz, nos quais não se resfria os grãos para evitar um choque térmico que poderia danificar a integridade dos grãos (quebra).

Outro caso típico de coluna inteira é utilizado quando se quer aumentar a capacidade de secagem do equipamento, e para isso abre-se mão do resfriamento no secador.

Cabe salientar que, nesses casos, o resfriamento do produto deverá ser feito nos silos de armazenagem por meio do sistema de aeração, o qual deve ser dimensionado e operado de forma adequada para não haver riscos na conservação futura do produto.

Também é importante ressaltar que tanto a fornalha como o secador devem ser projetados de forma a fornecer as quantidades de calor e vazões de ar necessários para esse tipo de operação.

3 COMBUSTÍVEIS

Como colocado anteriormente, os secadores comerciais utilizam ar aquecido para promover a secagem dos grãos.

Para aquecer o ar, precisa-se de uma fonte de geração de calor, e essa geração normalmente é feita por meio da queima de algum tipo de combustível.

Para a secagem artificial de grãos vegetais são utilizados basicamente dois tipos de combustíveis:

- biomassa na forma de lenha, bagaço, cavacos, briquetes, casca de arroz, entre outros;
- derivados de petróleo em estado líquido ou gás.

No Brasil, normalmente não se dispõe de gás nas regiões produtoras de grãos, e isso torna o seu uso restrito a locais onde se tem a passagem de gasodutos vindos de outros países. Além do fato de que o custo do gás é substancialmente maior que o da lenha atualmente.

O mesmo vale para combustíveis líquidos os quais são caros e ainda necessitam instalações mais onerosas para poderem ser utilizados.

O uso de algumas biomassas, como cavacos e bagaço, é bastante complicado e gera muitos problemas. Isso faz com que o uso da lenha em toras seja atualmente o mais amplamente empregado na secagem de grãos.

No caso da secagem de arroz, é muito comum que se utilize a sua casca como fonte de energia. No entanto, a utilização da casca de arroz pode trazer alguns inconvenientes sendo que o principal deles está no elevado teor de cinzas (matéria inorgânica) presente, que gira em torno de 30%.

Isso, associado muitas vezes a uma combustão incompleta faz com que as fornalhas que queimam casca de arroz produzam muito mais resíduos, a remoção e destinação final destas cinzas pode se tornar um enorme dificultador e atrapalhar o seu uso.

Neste material, vai-se tratar apenas de fornalhas para queima de lenha em toras e casca de arroz, que são os padrões de mercado no Brasil e não haverá aprofundamento em outros tipos de combustíveis, atualmente pouco utilizados.

4 SECADORES ANTIGOS

Apenas para conhecimento geral, serão mostrados exemplos de modelos de secadores de fluxo mais antigos, mas que ainda existem e estão em uso em algumas unidades.

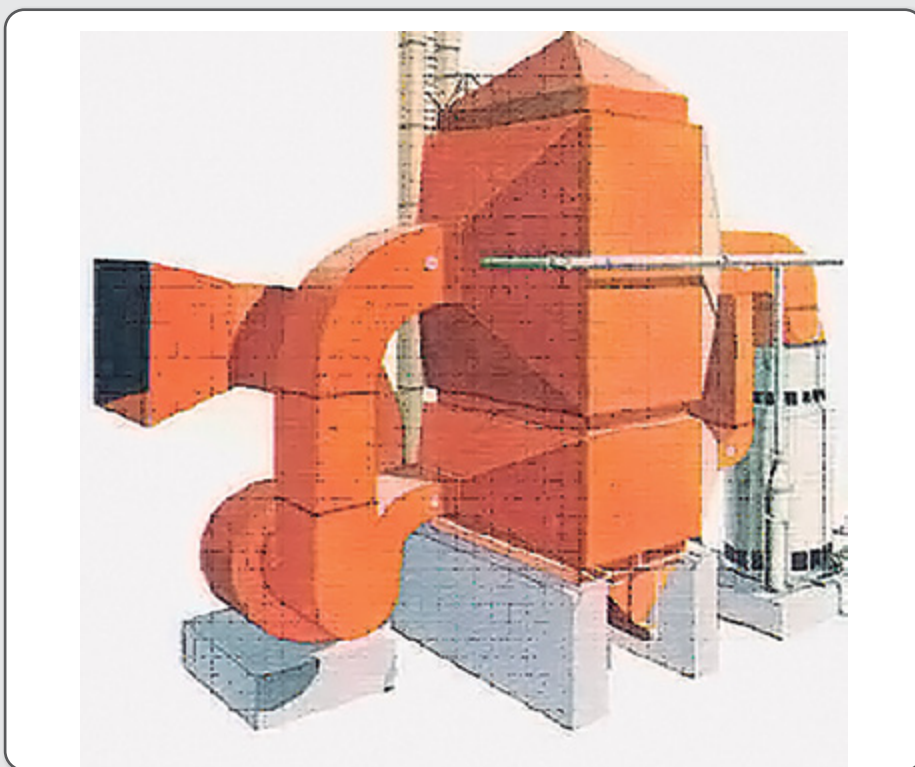
Normalmente, esses secadores são de fluxo misto (cavaletes), pois era o tipo padrão no início da década de 60 quando estes equipamentos começaram a ser fabricados e instalados.

Na Figura 18, tem-se um exemplo desse tipo de secador, sendo um modelo provavelmente para 6 ou 8 t/h de secagem.

É importante observar que sempre que se refere a uma capacidade de secagem, deve-se estabelecer qual produto ou espécie de grão está-se referindo como soja, milho, trigo, arroz, entre outros, e também para quais teores de umidade de entrada e saída dos grãos.

No exemplo da Figura 18, a capacidade se refere a produto soja entrando com 18% de umidade e saindo com 13% de umidade, sendo essa umidade considerada em base úmida (b.u.).

Figura 18 – Secador antigo de fluxo com torre de cavaletes.



Fonte: Kepler Weber, 2014.

Esses secadores necessitavam ser instalados em local abrigado dentro de galpões ou possuir alguma cobertura contra intempéries.

É importante salientar que eles já permitiam o resfriamento dos grãos logo após a secagem, no próprio corpo do secador.

No volume referente à conservação, é mostrada a importância de resfriar os grãos antes da armazenagem.

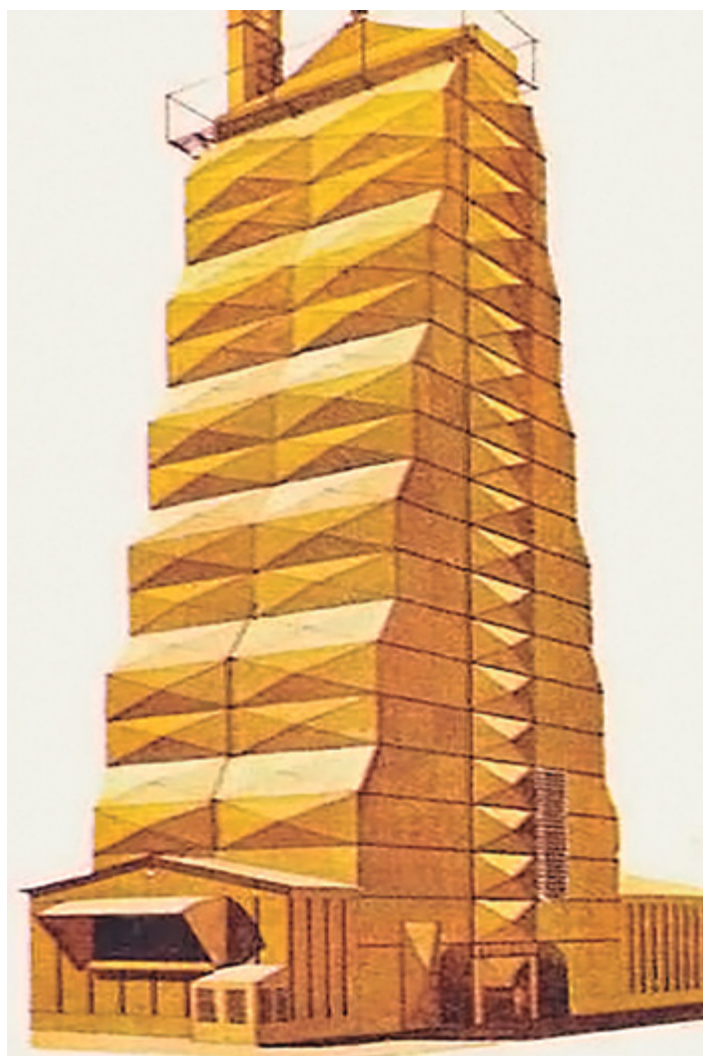
5 SECADORES RECENTES

No início dos anos 1970 vários fabricantes começaram a produzir secadores de fluxo, normalmente muito semelhantes entre si, apenas com algumas pequenas diferenças construtivas.

Na Figura 19, vê-se um secador para 40 t/h de secagem, produto soja, de 18% para 13% de umidade b. u.

Para milho, ocorre uma queda de 20 a 25% na capacidade de secagem em relação ao soja, considerando os mesmos índices de umidade de entrada e saída.

Figura 19 – Secador modelo KW 40.



Fonte: Kepler Weber, 2014.

Esses modelos já podiam ser instalados no tempo e foram um padrão de mercado por quase vinte anos. A "família" desses secadores partia de modelos com uma capacidade de secagem de 15 t/h, com vários tamanhos intermediários e chegou a contar com um modelo para 105 t/h de secagem (soja, de 18% para 13%, b. u.).

No início dos anos 1990 foi desenvolvida uma nova linha de equipamentos, denominada “Linha R”, que incorporou várias evoluções, sendo que a principal delas foi a recirculação do ar de resfriamento o qual é incorporado ao ar de secagem, o que traz dois benefícios básicos.

O primeiro é o de recuperar parte da energia que está contida nos grãos ao final da seção de secagem na forma de calor sensível, e entregar essa energia (calor) ao ar de secagem.

Essa recuperação se dá pela recirculação do ar utilizado para o resfriamento dos grãos após a seção de secagem, direcionando-o para ser incorporado ao ar aquecido.

Dessa forma se reduz a necessidade de geração de energia térmica para aquecimento do ar de secagem, e a consequente redução no consumo de combustível.

Estima-se que essa economia de combustível fique em torno de 15% a 25% em relação a secadores equivalentes sem recirculação de ar. A outra vantagem é que com a recirculação do ar de resfriamento, o volume de ar necessário ao sistema é reduzido em aproximadamente 30% em relação ao volume total de ar dos secadores sem recirculação.

Isso possibilita uma redução no tamanho dos ventiladores que executam a movimentação do ar no secador e, consequentemente, a redução da potência instalada e uma diminuição do custo destes equipamentos. Como exemplo disso, pode-se citar o secador para 40 t/h, modelo KW40 fabricado pela empresa Kepler Weber que utilizava um ventilador centrífugo de grande tamanho e possuía um motor de 50 cv de potência.

Na nova linha de secadores com recirculação de ar esse secador foi substituído pelo modelo KW 215R que passou a contar com dois ventiladores axiais cujo peso total (dos dois ventiladores) ficava menos de 30% do peso do ventilador centrífugo do KW40, e que necessitavam de motores de apenas 15 cv cada, totalizando 30 cv de potência instalada. Ou seja, uma redução considerável no custo do ventilador/motor e grande redução no consumo de energia (–40%).

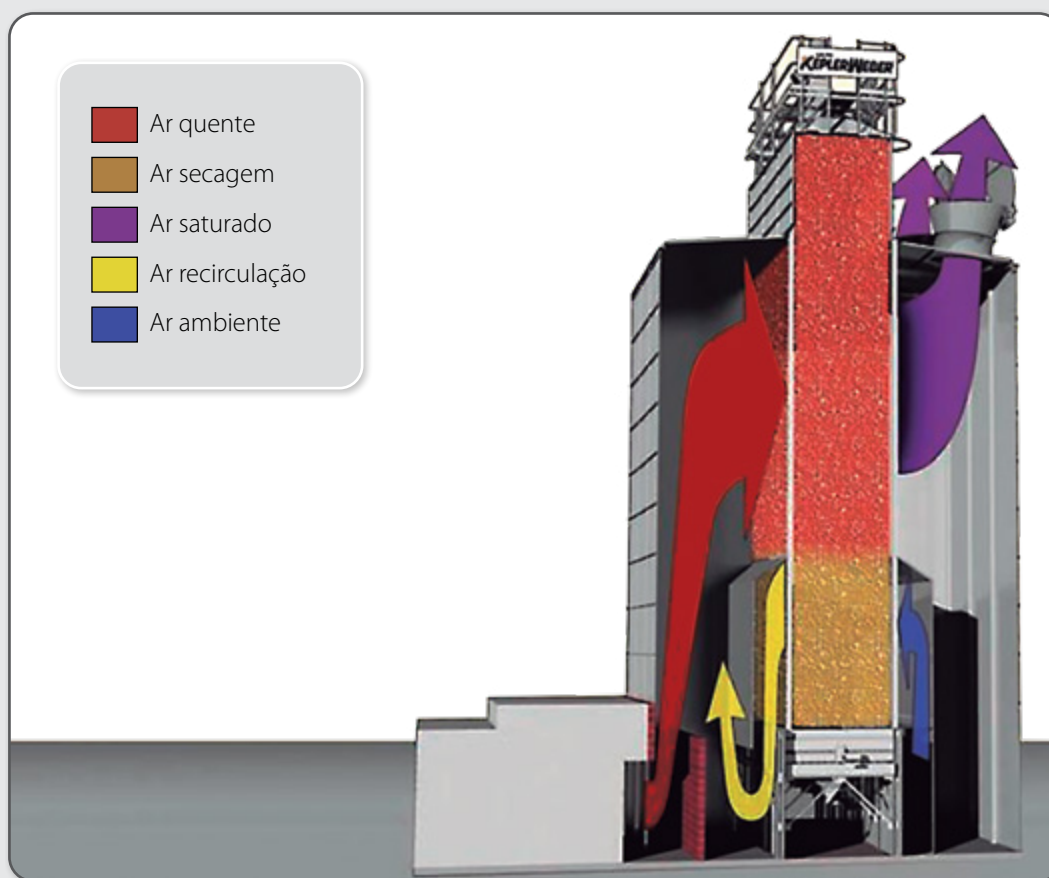
6 SECADORES ATUAIS

Os secadores com recirculação de ar continuam sendo largamente utilizados, tanto nos modelos de cavaletes como nos de coluna tipo bandejas.

Na Figura 20, tem-se um corte esquemático em que se pode ver o interior de um secador com sistema de recirculação de ar.

Este esquema é válido tanto para secadores de cavalete como de bandejas, e que realizam o resfriamento dos grãos logo após a zona de secagem, ainda dentro do secador.

Figura 20 – Secador com recirculação do ar de resfriamento, linha "ADS" fabricado pela Kepler Weber.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Ao longo dos anos foram sendo feitas tentativas para melhorar o desempenho dos secadores de grãos, sendo que uma dessas tentativas foi o de incorporar um sistema de dupla recirculação de ar na torre de secagem.

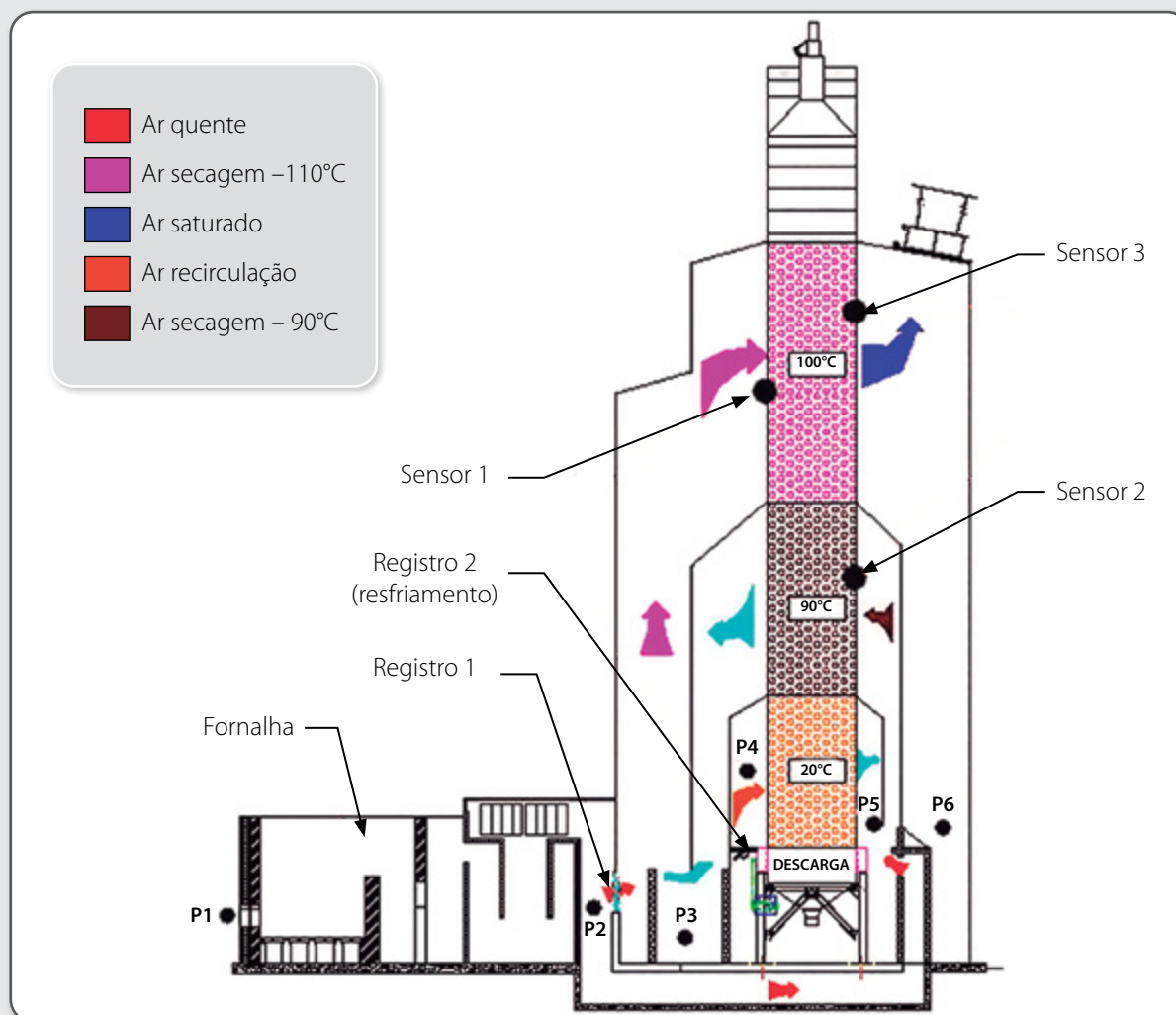
Essa forma construtiva reutiliza não só o ar da seção de resfriamento, mas também uma parte do ar que sai no final da seção de secagem, e mistura e direciona estes fluxos para serem incorporados ao ar principal da secagem.

Infelizmente, esse sistema não apresentou os resultados desejados e está sendo gradativamente abandonado. Isso porque uma das dificuldades que esse tipo de equipamento apresenta é o equilíbrio das pressões internas e, conseqüentemente, das vazões de ar envolvidas.

Também no aspecto construtivo esses secadores se mostram bastante complexos e caros, exigindo obras civis onerosas de forma a se conseguir entradas de ar aquecido pelas duas faces do secador, e a necessidade de mais divisórias, registros e câmaras internas.

A Figura 21 mostra os fluxos de ar interno destes equipamentos e pode-se visualizar a sua complexidade.

Figura 21 – Secador com dupla recirculação de ar.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Além disso, os resultados referentes à capacidade esperada de secagem não se mostraram vantajosa.

Isso em nossa opinião se deve ao fato de que o ar que sai da seção inferior da câmara de secagem, e que é reaproveitado, está carregando uma quantidade adicional de água em relação ao ar ambiente, o que prejudica sua capacidade de absorção de umidade, mesmo se aquecido novamente. Ou seja, essa opção de secador parece não apresentar vantagens competitivas e deverá deixar o mercado.

Outro modelo que foi desenvolvido, na tentativa de aliar as qualidades dos secadores de cavaletes aos de colunas de bandejas, são os secadores da linha Khronos da Kepler Weber.

Como já colocado antes, esses secadores apresentam uma forma construtiva interna da torre bastante interessante que utiliza cavaletes, mas concebidos de forma que os grãos descem pela torre em "colunas" como se fossem secadores de bandejas.

A Figura 22 mostra a parte externa de um destes secadores.

Figura 22 – Vista geral externa de um secador modelo Khronos.



Fonte: Kepler Weber, 2015.

Nas fotos da Figura 23, pode-se observar a forma construtiva interna da torre de secagem do secador modelo "Khronos" e o comportamento dos grãos e do ar.

Figura 23 – Vista de uma seção da torre (a) e detalhe dos dutos com divisórias (b).



Fonte: Kepler Weber, 2014.



Esses secadores também trabalham com recirculação simples do ar de resfriamento, ou com coluna inteira de secagem podendo nestes casos ser com ou sem recirculação de ar.

7 FORNALHAS

Partindo do princípio que os secadores comerciais utilizam ar aquecido para promover a retirada de umidade dos grãos, estes necessitam de uma fonte de geração de calor para realizar esse aquecimento.

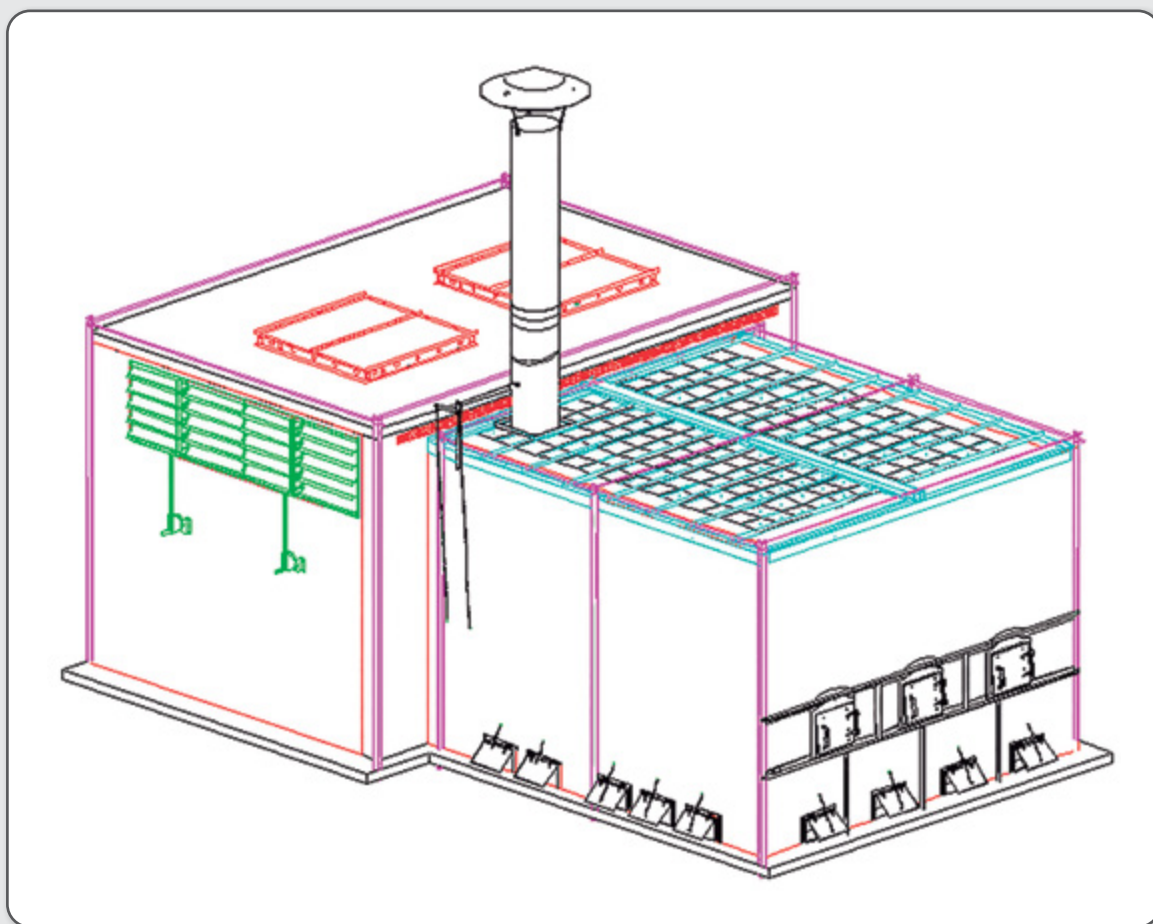
Como se viu anteriormente no item "combustíveis", no Brasil utiliza-se quase que exclusivamente a queima de lenha em toras para obter energia térmica em secadores. Para queimar essa lenha, utiliza-se um equipamento que se denomina fornalha.

Neste material, vai-se tratar somente sobre fornalhas para queima de lenha em toras e uma variação destas que são aquelas destinadas à queima de casca de arroz em vez da lenha.

7.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA FORNALHA

O desenho mostrado na Figura 24 mostra uma vista em perspectiva de uma fornalha típica para queima de lenha em toras.

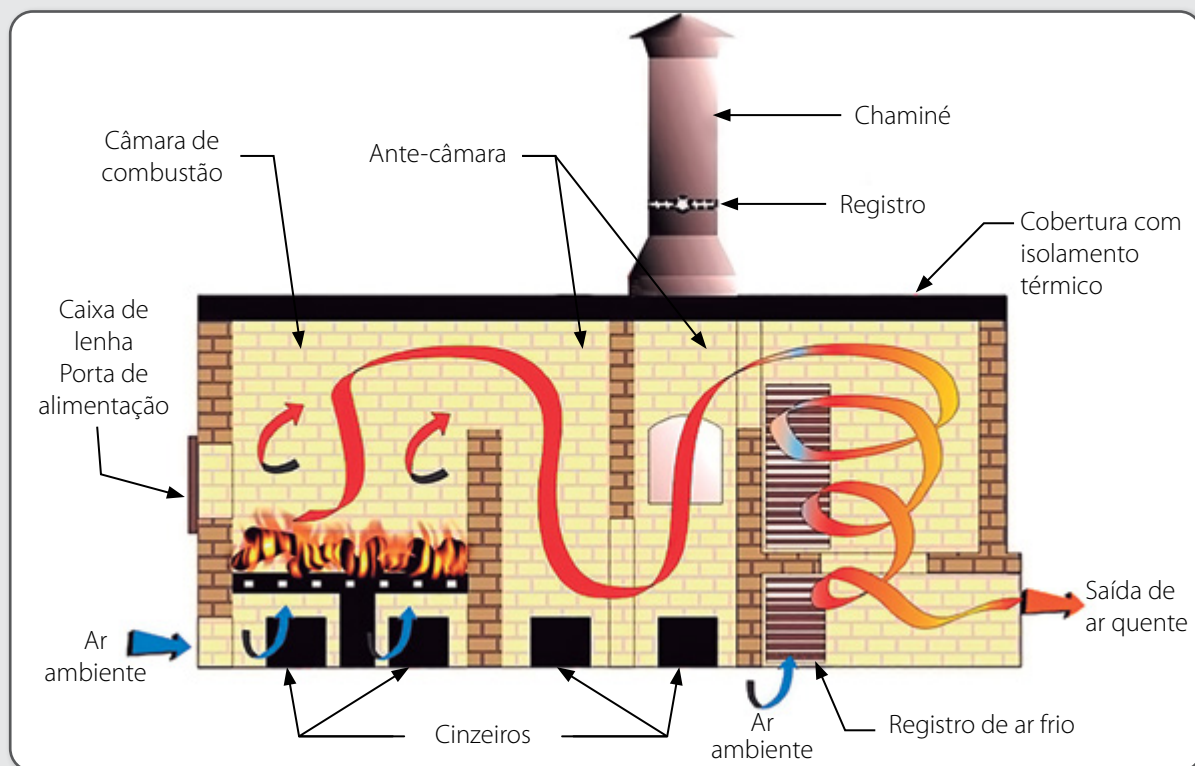
Figura 24 – Vista geral de uma fornalha típica.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

A Figura 25 mostra um desenho em corte transversal que apresenta os principais componentes e seções de uma fornalha para queima de lenha.

Figura 25 – Corte transversal de uma fornalha típica.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Também são mostrados, na Figura 25, os componentes principais e típicos da fornalha.

Abaixo, explica-se cada um destes componentes e sua função específica:

- **caixa de lenha / porta de alimentação:** são fabricadas em ferro fundido, de modo a poder suportar as altas temperaturas envolvidas. Servem para permitir a colocação da lenha em toras dentro da câmara de combustão, e também para o operador poder revolver a lenha durante a operação;
- **câmara de combustão:** pode ser considerada como uma "câmara ardente". É revestida internamente por paredes de tijolos refratários e mantas de fibra cerâmica que suportam elevadas temperaturas. Na câmara de combustão, têm-se as grelhas de ferro fundido onde são depositadas as toras de lenha e onde ocorre a sua combustão. Essas grelhas permitem que ocorra passagem de ar entre elas, o qual alimenta de oxigênio o processo de queima, e refrigera as grelhas. As grelhas também permitem a queda do material inerte e que não queima, aos quais são chamadas de cinzas;
- **cinzeiros:** em um nível abaixo das grelhas existem escotilhas de acesso nas paredes da fornalha às quais se denominam cinzeiros. Esses cinzeiros possuem uma dupla função. Uma delas é permitir a limpeza e retirada das cinzas acumuladas abaixo das grelhas.

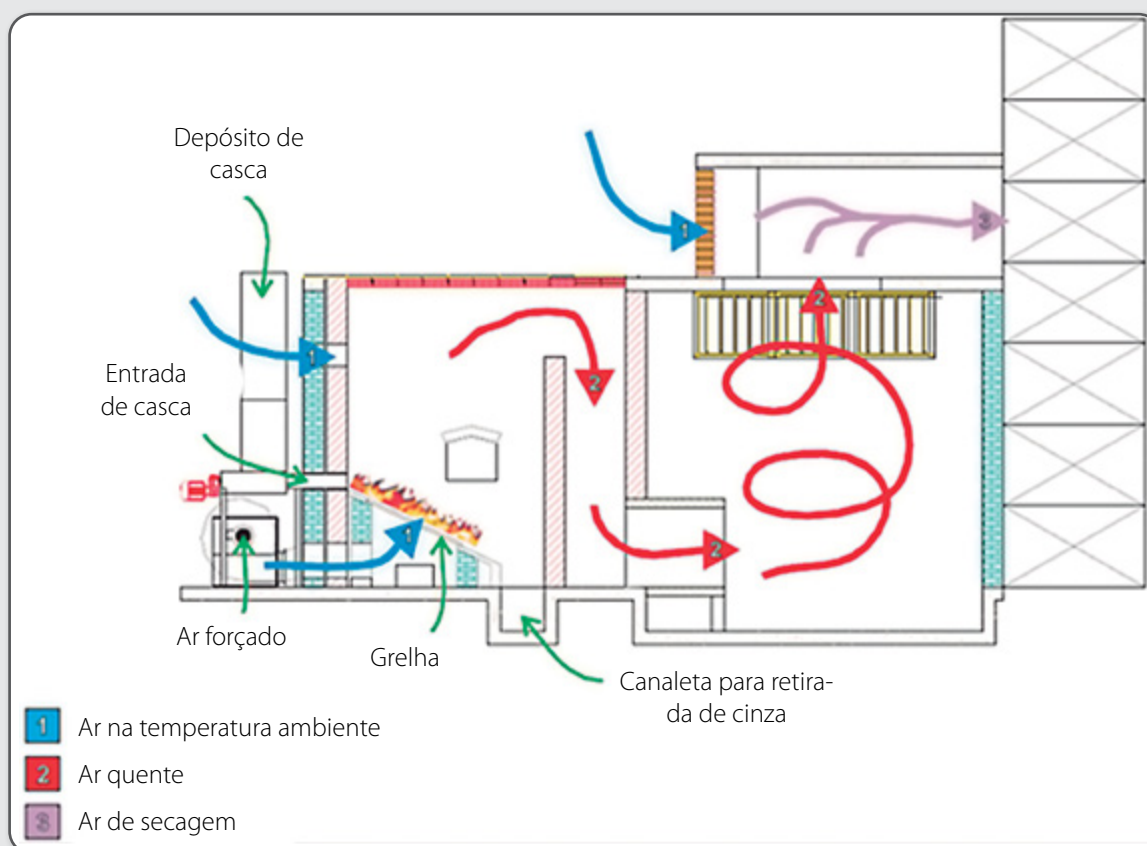
Porém, a função principal dos cinzeiros é outra, que é de servir como entrada para o ar de combustão e essa entrada de ar é de vital importância para o bom funcionamento de todo o sistema fornalha/secador. Os cinzeiros que se localizam em outros pontos da fornalha possuem apenas a função de inspeção e limpeza, não devendo ser utilizados para entrada de ar;

- **parede "quebra-chama":** ao final da câmara de combustão existe uma parede vertical com abertura na parte superior. Essa parede é feita de tijolos refratários e ela é o primeiro obstáculo para retenção das fagulhas incandescentes geradas na câmara de combustão pela queima da lenha. Ela também serve como anteparo para a lenha que é depositada sobre as grelhas;
- **antecâmara ou "chicane":** é também uma parede vertical de tijolos refratários só que ao contrário da parede quebra-chama, esta possui aberturas na sua parte inferior. Essa forma construtiva faz com que o ar de combustão mude sua direção e precise realizar curvas descendentes e ascendentes. Isso tem o objetivo de abater as fagulhas que estão sendo arrastadas pela corrente de ar;
- **chaminé:** normalmente é metálica e é um item muito importante em uma fornalha e ela possui duas funções básicas. A primeira delas é para auxiliar no início da operação quando se coloca fogo na lenha. Nesse momento ela deve estar com seu registro aberto para permitir a saída dos gases. A segunda função é para os casos em que houver uma parada no processo de secagem. Nesses momentos, o registro também deverá ser aberto para permitir que os gases e o calor que está sendo gerado na câmara de combustão tenham um caminho de saída livre. Isso é muito útil e até imprescindível em situações como falta de energia elétrica, quando então os ventiladores param, e nos casos de incêndio no secador, em que a operação deve ser interrompida instantaneamente;
- **redemoinhador:** também é item de fundamental importância. Pode ser construído em alvenaria ou metálico e a sua função é como abatedor final de fagulhas. Isso ocorre porque o ar entra no redemoinhador tangencialmente e, com isso, é forçado a descrever um movimento circular dentro dele. Devido à sua inércia, as fagulhas são arremessadas contra as paredes do redemoinhador diminuindo sua velocidade e assim o ar e as fagulhas permanecem por um maior tempo na fornalha antes de serem direcionadas ao secador nesse tempo, e também devido ao choque com as paredes internas muitas fagulhas acabam se apagando;
- **registros de ar frio de mistura:** normalmente são registros metálicos do tipo "veneziana" e que podem ter acionamento manual ou motorizado. Servem para dosar ar ambiente aos gases da combustão e assim se chegar ao volume e temperatura desejada para o ar de secagem. Esses registros são muito importantes para se conseguir equilibrar as pressões do sistema. Eles podem estar localizados na fornalha, normalmente na região dos redemoinhadores, ou podem estar situados no corpo do secador.

É preciso salientar que essa forma construtiva apresentada acima é típica e não única, ou seja, existem diversas variações e modelos de fornalhas a lenha no mercado, com saídas de ar inferiores, superiores, com um ou dois redemoinhadores, grelhas horizontais ou inclinadas. Porém, até onde se entende, qualquer que seja a variação os itens citados acima são fundamentais para o bom funcionamento de qualquer uma delas e de todo o sistema fornalha/secador.

Além das fornalhas para queima de lenha em toras vai-se mostrar os componentes principais de uma fornalha para queima de casca de arroz, o que poderá ser visualizado na Figura 26, em que é mostrada uma vista em corte de uma fornalha típica desse modelo.

Figura 26 – Fornalha para queima de casca de arroz.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Pode-se observar, na Figura 26, que a fornalha para queima de casca de arroz possui praticamente os mesmos componentes internos de uma fornalha para queima de lenha em toras. A principal diferença se encontra no tipo e disposição das grelhas.

Estas são dispostas de forma inclinada formando uma espécie de escada onde a casca flui e sofre o processo de queima, sendo os demais componentes idênticos ao de uma fornalha para queima de lenha em toras.

8 OPERAÇÃO DO SECADOR

Neste capítulo, abordam-se quais os procedimentos recomendados para dar início e continuidade à operação de secagem dos grãos.

É importante lembrar que, como já apresentado no capítulo inicial referente ao recebimento dos grãos, estes devem ser analisados e separados quando da sua recepção, e colocados em moegas diferentes de acordo com seus conteúdos de umidade, impurezas e qualidade em geral.

Verificações iniciais

Antes de iniciar a operar com o secador é preciso realizar uma checagem, sendo que os itens fundamentais são:

No secador:

- estado geral do equipamento;
- sistema de captação de pó quando existir;
- saídas de ar dos ventiladores;
- limpeza das câmaras, difusores de ar, ventiladores, fornalha;
- verificação e regulagem da descarga que normalmente pode ser por bandejas oscilantes ou bandejas com acionamento pneumático;
- quadro de comando;
- funcionamento dos sensores de nível;
- funcionamento dos sensores de temperatura.

Figura 27 – Pontos que devem ser verificados antes do início da secagem:

Verificações iniciais (Secador)

Antes de iniciar a operar com o secador é preciso realizar uma checagem geral do mesmo, sendo que os itens fundamentais são:

- estado geral do equipamento
- sistema de captação de pó (item opcional)
- saídas de ar dos ventiladores
- limpeza das câmaras, difusores de ar, ventiladores, fornalha, etc.
- verificação e regulagem da descarga (bandejas ou pneumática)
- quadro de comando (ver tópico específico)



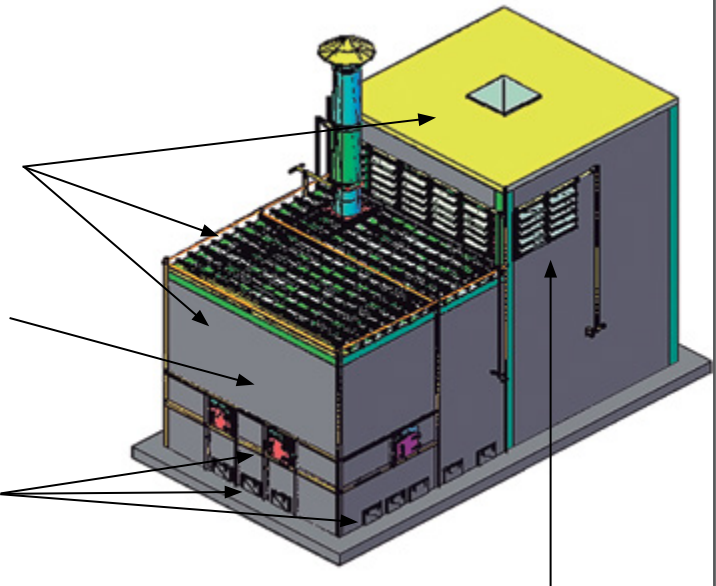
Fonte: Kepler Weber, 2013.

Na fornalha deve-se verificar:

- estado geral com relação às rachaduras na alvenaria interna e externa ou danos na cobertura e nos isolamentos;
- as grelhas, se estão em bom estado e nenhuma está caída ou faltante;
- se as portas de alimentação e os cinzeiros abrem e fecham com facilidade;
- os registros de ar operam normalmente.

Figura 28 – Verificações iniciais na fornalha.

Verificações iniciais (Fornalha)

- verificar estado geral com relação à rachaduras na alvenaria (interna e externa) ou danos na cobertura e nos isolamentos
 - verificar as grelhas, se estão em bom estado e nenhuma "caída/faltante"
 - verificar se as portas de alimentação e os cinzeiros abrem e fecham com facilidade
 - verificar se os registros de ar operam com facilidade
- 

Fonte: Kepler Weber, 2013.

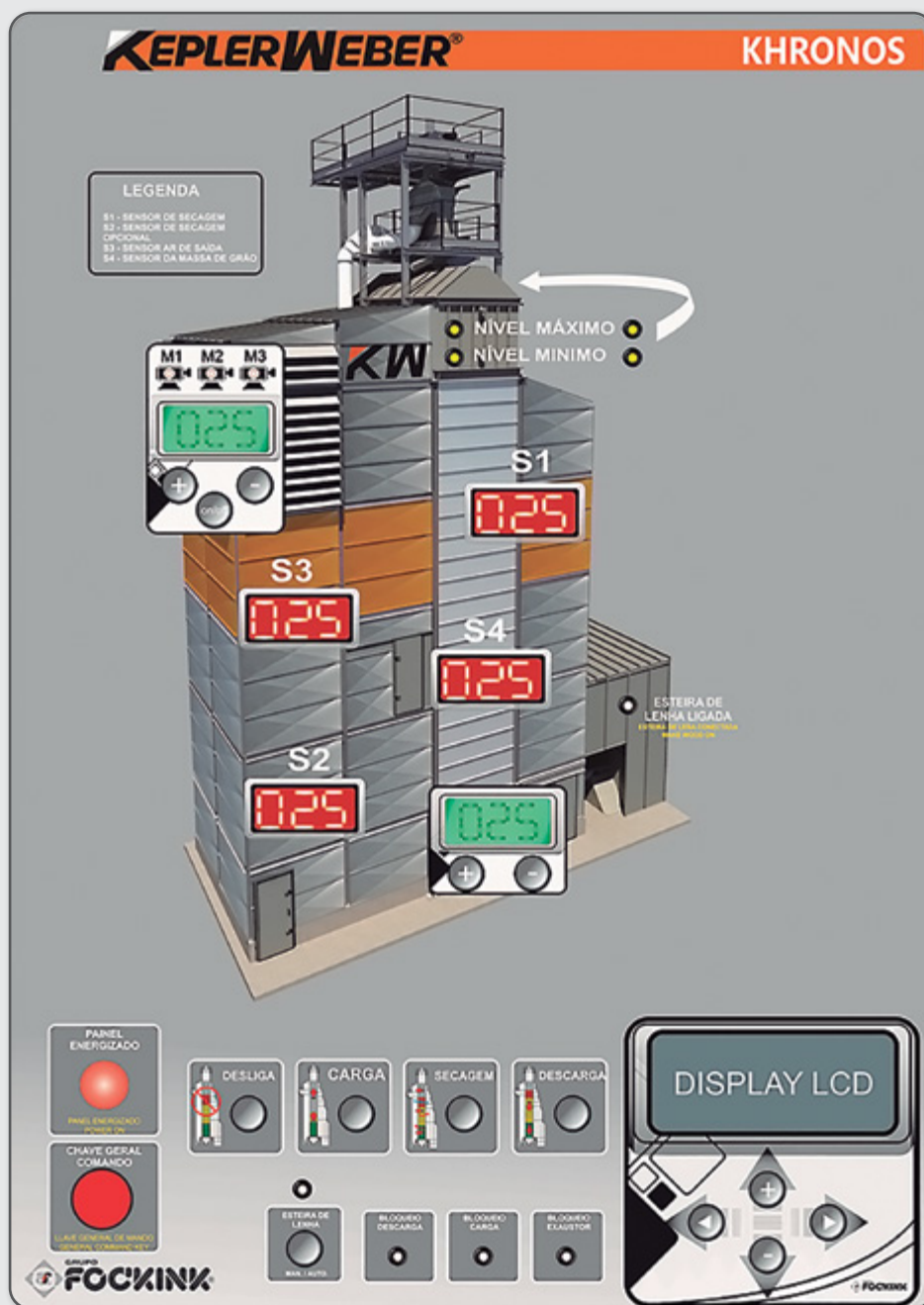
Quadro de comando

O quadro de comando é um item que normalmente acompanha o secador. Por intermédio dele pode-se verificar, controlar e obter diversas informações, incluindo:

- temperaturas do ar de secagem e temperatura de saída do ar;
- temperatura da massa de grãos;
- níveis máximo e mínimo de produto;
- alarmes de aviso;
- memória de dados;
- controle do inversor de frequência da descarga;
- controle do inversor de frequência do sistema de captação de partículas, quando houver;

- elétricas de entrada e saídas para interligação em cascata com os outros equipamentos do fluxo;
- controle do alimentador automático de lenha, quando houver, em função da temperatura do ar.

Figura 29 – Quadro de comando de secador.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Salienta-se que existem várias formas construtivas para os quadros e que esse serve apenas como exemplo ilustrativo.

Impurezas na massa de grãos

Os níveis máximos de impureza da massa de grãos admitidos no processo de secagem dependem principalmente da forma construtiva da torre do secador.

Secadores de coluna ou secadores semelhantes aos da linha Khronos podem secar produtos com um conteúdo de impurezas de até 4%.

Secadores de cavalete só devem secar produtos com um máximo de 1% de impurezas.

Excesso de impurezas é uma das principais causas de mau funcionamento e **incêndios** no secador, portanto é fundamental observar esse aspecto **antes de iniciar a secagem!**

Como já citado, é muito importante que o produto que chega à unidade de recepção/armazenagem seja classificado e separado quanto ao seu teor de impurezas.

O ideal é que na mesma moega não sejam colocados produtos com mais de dois pontos percentuais de diferença tanto em umidade quanto em impureza.

Se a unidade contar com secadores de coluna ou semelhantes aos da linha Khronos, o produto que chegar com no máximo 4% de impurezas e, dependendo do tipo destas, pode ser enviado diretamente para o secador sem necessitar de uma pré-limpeza.

A Figura 30 mostra um detalhe do funil de carga de um secador com produto soja.

Figura 30 – Funil de entrada do secador com soja e impurezas.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Nessa foto, pode-se perceber a existência de alguns materiais estranhos aos grãos, que são as impurezas.

Nesse caso da Figura 30, entende-se que a quantidade de impurezas não se mostra demasiadamente elevada.

Se o secador existente for de cavaletes e o produto recebido estiver com mais de 1% de impurezas é mandatório que se realize a "pré-limpeza" deles.

Regulagem inicial da descarga

Antes de se promover a carga do secador com produto é vital que se faça uma regulagem do sistema de descarga e uma verificação do seu funcionamento.

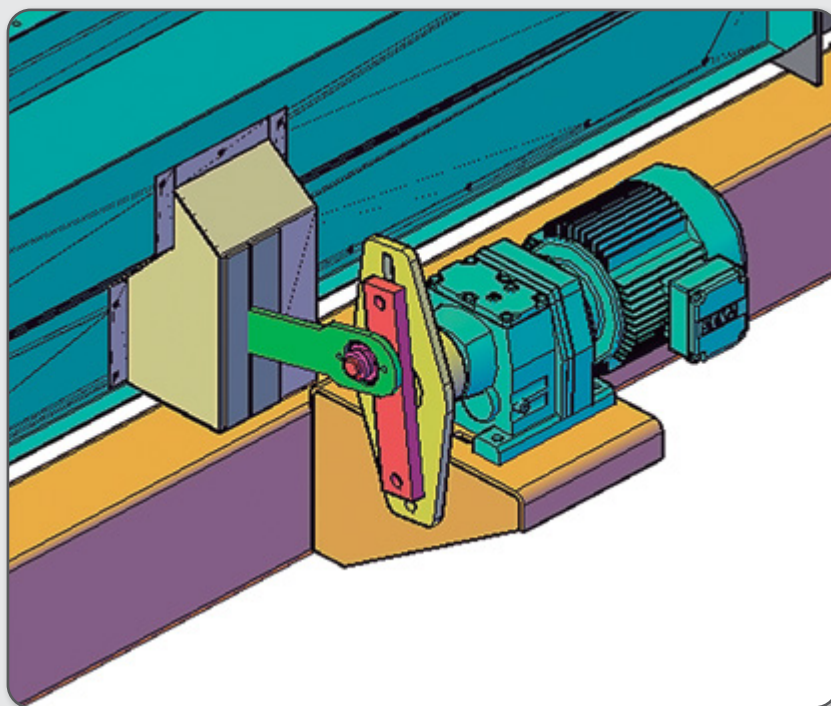
A seguir, vai-se tratar da regulagem de uma descarga de bandejas oscilantes com acionamento mecânico que é o padrão atual de mercado.

Se esse sistema apresentar alguma anomalia, e o secador estiver cheio, será muito mais difícil e trabalhosa a correção da mesma.

As Figuras 31 e 32 mostram os pontos onde as regulagens são executadas.

Regular o excêntrico com um afastamento de 53 mm em relação ao "ponto morto".

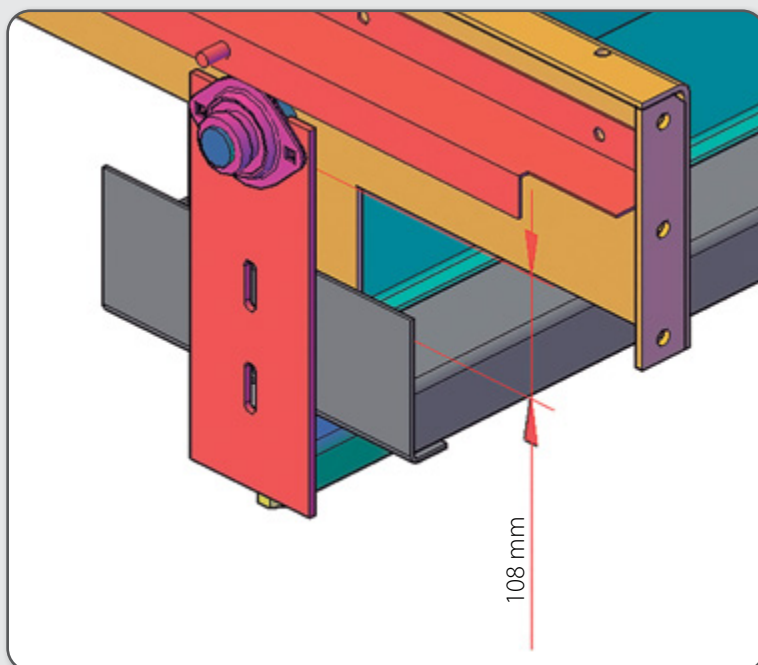
Figura 31 – Regulagem do excêntrico.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Regular a altura das bandejas com 108 mm entre o eixo e o primeiro parafuso.

Figura 32 – Regulagem da altura das bandejas de descarga.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Após essas duas regulagens, deve-se ainda regular a velocidade da descarga que é feita alterando a rotação do motorreductor por meio do inversor de frequência. A velocidade inicial recomendada é de 40 hz.

É importante salientar que a altura da bandeja, ou seja, o espaço entre a mesma e a saída de grãos é regulada em função do tipo de produto a ser secado.

A excentricidade do acionamento e a frequência de operação é que determinam o fluxo ou capacidade de produto. Porém, se durante a operação necessitar alterar a vazão de produto é muito mais prático atuar-se na velocidade por meio do inversor de frequência do que na excentricidade do acionamento.

Carregando o secador

A seguir, apresenta-se um "passo a passo" recomendado para essa operação:

1. com a descarga desligada;
2. posicionar fluxo para "rodízio";
3. ligar elevador de carga;
4. ligar demais equipamentos, conforme sequência do fluxo de carregamento;
5. encher 1/3 da torre com produto;
6. acionar a descarga com velocidade de 40% por alguns minutos;

7. repetir passo "6" quando atingir 1/2 e 2/3 da carga;
8. terminar a carga do secador; para isso, observar o nível máximo e a saída de produto no cano ladrão.

8.1 OPERAÇÃO DA FORNALHA

Da mesma forma que para o secador, a seguir enumeram-se os procedimentos que se julgam adequados para iniciar a operação da fornalha:

1. em fornalhas novas esperar os tempos de cura da construção antes de colocar fogo. Esse tempo de cura deve ser definido pelo engenheiro civil responsável pela construção;
2. enquanto o secador é carregado, podem-se iniciar os procedimentos enumerados a seguir;
3. abrir os cinzeiros e a chaminé;
4. colocar pouca lenha, de preferência fina, espalhada, e colocar fogo com auxílio de papelão, panos velhos e algum combustível líquido como diesel. Cuidado ao manusear qualquer combustível;
5. após o secador carregado e com o fogo aceso ligar os ventiladores e fechar o registro da chaminé;
6. colocar mais lenha, aos poucos, até atingir as temperaturas desejadas;
7. regular os registros de ar respeitando as pressões recomendadas. Os valores para as pressões podem ser verificados no item específico deste material;
8. manter as portas de alimentação **fechadas** e os cinzeiros abaixo das grelhas **abertos** durante a operação! Os demais cinzeiros devem permanecer **fechados**.

A Figura 33 mostra uma vista lateral de uma fornalha à lenha em operação e nela podem ser vistos alguns aspectos importantes.

Figura 33 – Vista externa da fornalha em operação.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Na figura 33, observa-se que:

- as portas ou caixas de alimentação de lenha estão **fechadas**;
- os cinzeiros após a câmara de combustão estão **fechados**;
- os cinzeiros embaixo das grelhas estão **abertos**;
- o registro da chaminé está **fechado**.

É desta forma que estes componentes devem permanecer durante a operação.

As portas de alimentação só devem permanecer abertas durante a colocação de lenha ou para movimentar a lenha e dessa forma facilitar a passagem de ar entre as toras.

8.1.1 Combustão

Nesse ponto, são abordados alguns conceitos relativos à queima da lenha.

Em primeiro lugar, inicia-se com a afirmação de que qualquer combustível só entrará em combustão se estiver no estado gasoso.

Isso muitas vezes surpreende a maioria das pessoas, pois pode ficar difícil imaginar como ocorre a queima de combustíveis sólidos como a lenha e até mesmo de líquidos como gasolina e álcool.

Sabe-se que, para haver combustão precisa-se, além do combustível, da presença de mais dois elementos que são o comburente e calor.

O comburente é o oxigênio presente no ar.

E o calor inicial deve ser fornecido por uma fonte externa.

E a queima nada mais é do que a oxidação dos materiais voláteis (hidrocarbonetos) que neste caso são os constituintes básicos da lenha.

A lenha é formada pelos hidrocarbonetos que aparecem na forma de celulose e outros compostos orgânicos, água e cinzas, sendo estas últimas os componentes inorgânicos e não queimam.

A quantidade de água varia, e uma lenha pode ser considerada "seca" se o percentual de água estiver abaixo de 30% do peso da lenha.

As cinzas representam algo em torno de 3% no caso da lenha, e de 30% no caso da casca de arroz.

Pois bem, quando se quer colocar fogo em qualquer material que possa ser queimado verifica-se que é mais fácil iniciar o fogo em materiais finos como papel, papelão ou gravetos, e que é muito mais difícil iniciar a combustão em um material de maior calibre como uma tora de lenha.

Nesse ponto, começa-se a entender a afirmação de que só produtos em estado gasoso queimam. Quando se tenta iniciar o fogo em um material, precisa-se aquecê-lo de forma a gaseificar os hidrocarbonetos presentes e assim possa se realizar a combustão.

Se não fosse assim, a dificuldade para iniciar a combustão seria a mesma independente do tamanho do material.

A energia necessária (calor) para gaseificar os compostos em uma folha de papel é muito menor do que a energia necessária para realizar a gaseificação de uma tora de lenha.

Após a combustão ter início, ela mesma fornecerá a energia necessária para continuidade do processo.

Se fosse possível realizar uma combustão ou queima completa dos hidrocarbonetos, seriam obtidos como resultado apenas gás carbônico (CO_2), água (H_2O) e energia. Porém, na prática nenhuma combustão é ideal e além dos elementos citados acima tem-se formação de monóxido de carbono (CO) e outros compostos que aparecerão na forma de fumaça e fuligem.

Portanto, pode-se afirmar que quanto melhor (mais perfeita) for a combustão, menos fumaça, fuligem e monóxido de carbono serão formados.

Mais adiante são abordados os fatores que podem influenciar na qualidade da combustão.

Outro ponto importante a ser salientado é de que a combustão é um fenômeno que ocorre na superfície do combustível, pois dentro dele ainda não se têm os gases nem o oxigênio necessário para queima. Com isso, quer-se chamar a atenção para alguns aspectos importantes na combustão em uma fornalha à lenha.

O primeiro é de que por se tratar de um fenômeno de superfície e necessitar do oxigênio, precisa-se fazer com que o ar tenha contato com a maior superfície possível das toras. Isso se consegue fazendo um empilhamento adequado, cruzando as toras e revolvendo as mesmas com frequência, e permitindo a entrada de ar necessário para realizar a combustão.

A quantidade de ar pode ser calculada e a isso se denomina cálculo estequiométrico, mas não é o objetivo desta cartilha entrar nesse detalhe.

O que se pode afirmar é que se o sistema fornalha/secador estiver bem regulado, com as pressões (que será visto adiante) nos padrões recomendados e as entradas e passagens de ar de combustão pelos cinzeiros, grelhas e pilha de lenha estiverem adequadas, e ainda se o projeto e construção da fornalha foram realizados de forma correta, vai-se assegurar a quantidade de ar necessária para a combustão.

A outra questão que se quer abordar se refere à lenha verde e lenha úmida. Ora, já foi colocado que a combustão necessita de energia para ocorrer e que essa energia, após o início do fogo, é fornecida pela queima do próprio combustível.

Sabe-se que a água não queima e que ela entra em ebulição aos 100°C , e para isso necessita de energia.

Então, o que acontece com a lenha, de forma diferente de combustíveis que não contém água em sua composição, é que uma parte da energia gerada pela combustão é utilizada para evaporação da água contida na própria lenha.

Se a quantidade dessa água for um percentual muito elevado certamente causará problemas na combustão, sendo o mais comum a combustão incompleta com a formação de fumaça, fuligem e baixo rendimento do sistema. Por isso, é muito importante que se utilize uma lenha de boa qualidade e seca.

Nesse ponto, também vai-se fazer uma distinção entre "lenha verde" e "lenha molhada".

A lenha recém-cortada e a qual é chamada de "verde" possui uma quantidade bastante grande de água em sua composição e, além disso, essa água está "aprisionada" nos tecidos, dentro e formando as células da madeira. Para que essa água evapore, é necessário empregar muita energia e isso acarreta os problemas que já se conhecem da combustão incompleta.

Por outro lado, uma lenha que já se encontrava seca e ficou exposta ao tempo e recebeu água da chuva, por exemplo, também terá uma quantidade de água acima do desejado, porém essa água está na "superfície" das células e a sua remoção é muito mais fácil.

Por fim, ressalta-se que a água contida na lenha ainda causa outro fenômeno indesejado que é o esfriamento da chama.

Já se colocou anteriormente que a água presente na lenha obtém energia da combustão para evaporar, e se a quantidade de água for elevada isso demandará muita energia.

Essa energia, retirada da combustão, esfria a chama, causa a combustão incompleta e é uma energia que deixa de ser entregue para o sistema de secagem.

Além disso, toda essa água contida na lenha diminui a capacidade de absorção de água pelo ar de secagem, pois aumenta a umidade absoluta do ar.

Com o exposto acima, quer-se salientar a importância de se utilizar lenha seca, com no máximo 30% de umidade e de boa qualidade.

Sugere-se que a lenha permaneça secando por 6 meses e que depois, no momento de ser utilizada, fique em local abrigado de intempéries.

8.1.2 Alimentação da fornalha com lenha

A frequência e a forma de alimentar a fornalha com lenha é determinante para se conseguir uma secagem uniforme e de qualidade e também para evitar riscos de incêndio no secador.

A lenha deve ser colocada espalhada sobre as grelhas evitando locais de acúmulo excessivo e locais sem lenha, e as toras devem ser revolvidas a intervalos regulares. Esse procedimento faz com que toda a superfície da lenha tenha contato com o ar de combustão e assim facilite a queima.

Nunca jogar a lenha contra a parede quebra-chama. Isso danifica a mesma, o que pode provocar graves problemas estruturais na fornalha.

Usar sempre lenha de boa qualidade, de preferência eucalipto ou similar e seca, com umidade de no máximo 30%.

Não sobrecarregar a fornalha com quantidade excessiva de lenha com o intuito de espaçar os intervalos de alimentação pois isso causa além de uma carga excessiva sobre as grelhas outros

problemas como queda na temperatura logo após a alimentação devido ao abafamento do fogo e logo em seguida um aumento demasiado na temperatura quando toda a lenha entrar em combustão. Pode-se dizer que procedimentos errados como esse são uma das principais causas de incêndios no secador.

8.2 UMIDADES DE ENTRADA E SAÍDA DOS GRÃOS

Para uma secagem de qualidade, seguir as recomendações abaixo:

- procurar separar produtos com umidades muito diferentes já na recepção;
- não misturar produtos com diferentes umidades;
- fazer verificação do teor de umidade dos grãos na **entrada** do secador no máximo a cada 15 min;
- fazer verificação do teor de umidade dos grãos na **saída** do secador no máximo a cada 15 min;
- manter temperaturas e pressões constantes de acordo com os itens "pressões" e "temperaturas do ar de secagem";
- se os grãos estiverem saindo muito úmidos **diminuir** a velocidade da descarga;
- se os grãos estiverem saindo muito secos **aumentar** a velocidade da descarga;
- para umidades de entrada muito elevada utilizar sistema "rodízio" que será explicado a seguir;
- se ocorrer desuniformidade nas umidades de saída ver item "situações anormais e de emergência"!

8.2.1 Fluxo contínuo x fluxo intermitente (rodízio)

O fluxo contínuo de produto é aquele no qual os grãos entram úmidos no secador e são retirados com a umidade desejada, indo direto para armazenagem.

Já o fluxo intermitente ou rodízio é quando o produto retorna para o secador após passar pela secagem para sofrer uma nova retirada de umidade.

Quando se inicia a secagem com o secador cheio de grãos úmidos, a mesma é realizada em regime intermitente, até que comecem a sair grãos secos já na umidade desejada na descarga do secador, quando então se passa para o regime contínuo.

Quando da retomada da secagem após interrupções de pouco tempo pode-se operar em regime contínuo.

Para grãos com umidade muito elevada na entrada (acima de 20%), utilizar regime intermitente. Nesse caso, deve-se direcionar o fluxo de produto para que retorne ao secador para sofrer uma segunda etapa de secagem.

Reduzir as temperaturas do ar de secagem e/ou aumentar a velocidade da descarga na segunda passagem dos grãos pela torre no rodízio.

8.3 REGISTROS DE AR

Nesta seção, serão expostos quais são os registros de ar que estão normalmente presentes em um sistema fornalha/secador. O primeiro que será tratado é o registro do ar frio de mistura.

Os registros de ar de mistura servem para dosar ar ambiente aos gases produzidos na combustão da lenha e que estão com temperatura bastante elevada. Esses registros devem ser regulados levando em conta dois fatores fundamentais. Um deles é referente às pressões do sistema, que serão vistas na sequência e o outro fator a ser considerado é a temperatura do ar de secagem.

Para secadores com recirculação do ar do resfriamento, muitas vezes os registros de ar de mistura que estão presentes na fornalha ou nos difusores do secador podem permanecer **quase** totalmente fechados, pois o principal volume de ar de mistura acaba passado pela seção de resfriamento.

Já para secadores sem recirculação de ar, esses registros devem ficar bem mais abertos, sendo **proibido** fechá-los totalmente.

Essa diferença se deve ao fato de que nos secadores com recirculação, o ar que entra pela seção de resfriamento normalmente já é quase suficiente para realizar uma mistura adequada com os gases de combustão e atingir as temperaturas desejadas.

Também não se pode esquecer que o sistema fornalha/secador não é estanque, ou seja, existem diversos pontos de entrada de "ar falso" ao longo do trajeto entre fornalha e secador.

Por outro lado, nos secadores que não possuem recirculação de ar de resfriamento, o ar frio que deve ser incorporado aos gases de combustão entrará essencialmente pelos registros de ar de mistura. Por isso, nesses modelos de secador **nunca** se deve fechar os registros totalmente.

Figura 34 – Registros de ar frio de mistura para a secagem.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Esses registros devem ser abertos **o máximo possível** desde que não afetem as pressões recomendadas, que será visto adiante.

Além de ter a função de adicionar de ar de mistura, o ar que entra por eles também serve para refrigerar componentes da fornalha como as paredes e os redemoinhadores.

Além dos registros de entrada do ar de mistura normalmente os secadores desse tipo possuem um registro interno que fica entre a fornalha e o secador, conforme Figura 35.

A função desse registro é regular a passagem do ar de secagem e as depressões na fornalha. Fechando o registro diminui-se a passagem de ar e aumenta-se a depressão na fornalha, e vice-versa.

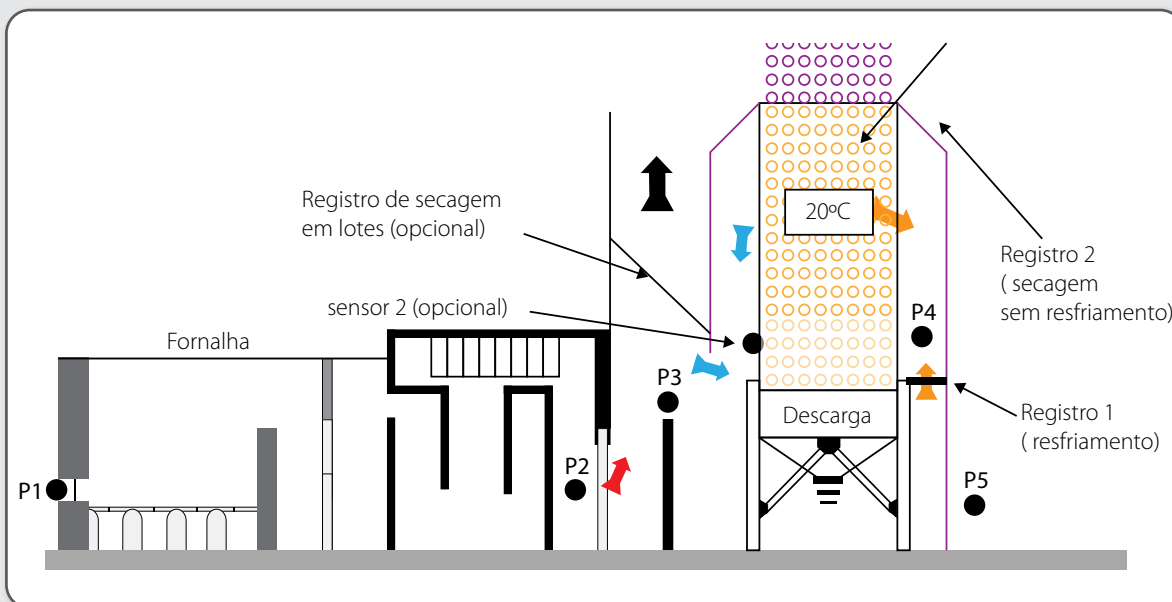
Além dos registros expostos acima, muitos secadores possuem outros registros internos, conforme ilustrado na Figura 36.

Figura 35 – Registro de ar entre fornalha e secador.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Figura 36 – Registros de ar internos do secador.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

O registro para secagem em lotes normalmente é um opcional e seu uso não é muito frequente. Ele está situado no difusor do ar de secagem e permite que se isole a seção da secagem da seção inferior de resfriamento.

O objetivo desse registro é permitir que se transforme a seção de resfriamento em seção de secagem, deixando a seção de secagem original sem passagem de ar.

Ele é utilizado quando se necessita secar uma quantidade de produto que não é suficiente para encher todo o secador, por isso o nome "secagem em lotes".

Para poder utilizar esse recurso outros dois registros destacados na Figura 36 que aparecem com o nome de "Registro 1" e "Registro 2", deverão ser ajustados.

Para a secagem em lotes o registro 1 deve estar totalmente fechado e o registro 2 deve estar aberto.

Assim, essa combinação de regulagens ficando o registro de secagem em lotes fechado, o registro 1 fechado e o registro 2 aberto, o ar de secagem passará apenas na seção que originalmente destina-se ao resfriamento.

Devido ao volume de grãos que atualmente é recebido nas unidades armazenadoras, esse recurso de secagem em lotes não é mais utilizado, sendo que somente em alguns casos como produtores de sementes ou produtores de grãos de outras espécies menos comerciais ainda se utilizam dele.

Os outros dois registros apresentados na Figura 36 ("Registro 1" e "Registro 2") não são opcionais e normalmente integram o secador.

Eles servem para permitir que se elimine o resfriamento do secador, e assim este passe a secar em "coluna inteira".

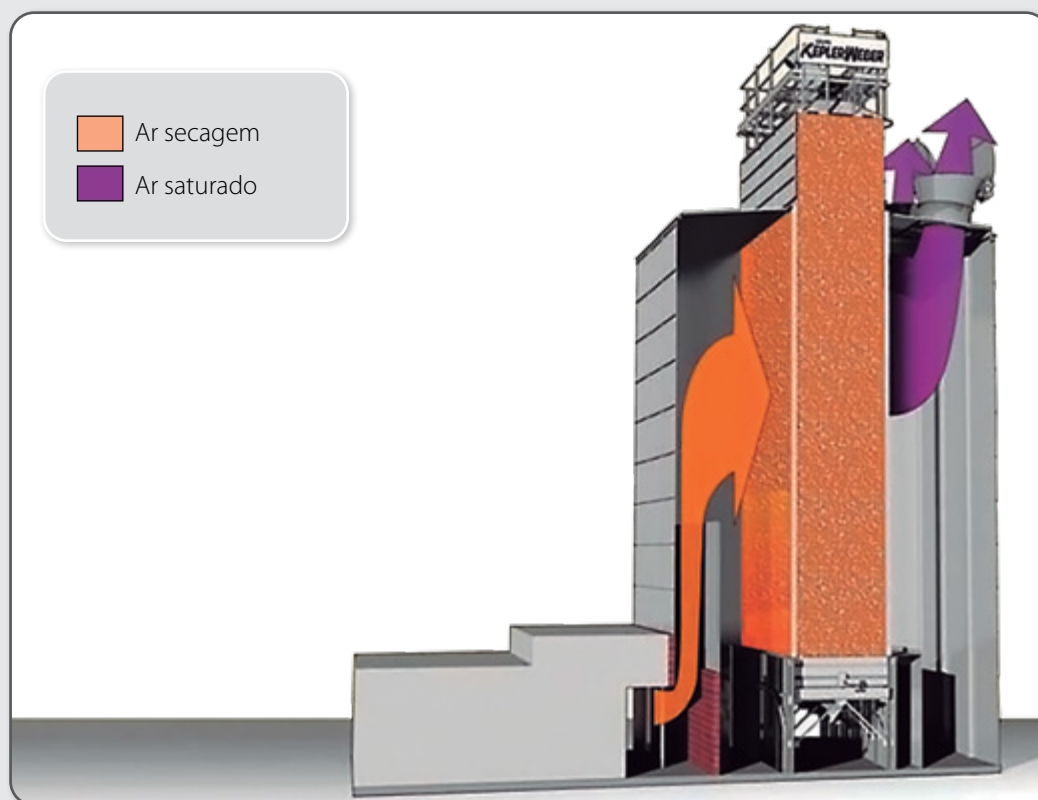
A secagem em coluna inteira, sem resfriamento já foi descrita na seção "Secadores com resfriamento x secadores coluna inteira" e abaixo será complementado informando em quais situações específicas ela é utilizada, e como o secador deverá estar configurado para isso.

A primeira delas é quando o produto a ser secado for arroz.

Como já colocado anteriormente, o arroz não pode sofrer resfriamento após a secagem sob risco de sofrer quebra.

Os secadores vendidos essencialmente para secagem de arroz nem possuem seção de resfriamento, como mostra a Figura 37.

Figura 37 – Secador coluna inteira para arroz.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Pode-se perceber que não existem divisórias nem registros internos no secador para arroz, pois o mesmo não realiza o resfriamento dos grãos. Porém, para secar outros tipos de grãos além do arroz, se faz necessária a configuração com seção de resfriamento e a presença dos registros 1 e 2.

Outro caso em que se utiliza a secagem coluna inteira é para quando o produto estiver muito úmido na entrada do secador, com umidades acima de 20%, e for necessário realizar o "rodízio".

Então, no primeiro passe do produto pela torre elimina-se a entrada de ar frio fechando o registro 1 e libera-se a passagem do ar quente por toda a torre abrindo o registro 2.

Cabe salientar que no segundo passe do produto quando ele for direcionado para os silos ou armazém é fundamental reverter a regulagem dos registros 1 e 2 de modo a permitir o resfriamento dos grãos.

E, por fim, a secagem em coluna inteira pode ser utilizada quando se deseja aumentar a capacidade de secagem do equipamento e, para isso, utiliza-se a seção do secador que normalmente é destinada ao resfriamento dos grãos para secar. Porém, nesse caso a fornalha e o secador já devem possuir um dimensionamento adequado.

Para o secador, é necessário que esteja previsto o volume de ar adequado para secar em coluna inteira, e a fornalha necessita gerar a quantidade de calor correspondente, o qual é bem superior àquele necessário para secagem com resfriamento.

De forma a melhorar o rendimento do secador coluna inteira, pode-se fazer a recirculação de parte do ar de secagem, dentro do próprio equipamento, de forma a diminuir o volume de ar movimentado pelos ventiladores e também diminuir a quantidade de calor necessário para aquecimento do ar.

Nesses casos, esses secadores são chamados de “CIR”, ou seja, “Coluna Inteira com Recirculação”, mas salienta-se que o projeto inicial do secador já deve prever essa forma de operação com os dimensionamentos adequados e passagens de ar quente que permitam realizar a sua recirculação.

Também vale destacar que com a secagem em coluna inteira, sem resfriamento antes de enviar o produto para armazenagem, todo o sistema de aeração dos silos deve ser dimensionado e operado de forma compatível com o processo.

O projeto da aeração deve prever taxas bem maiores de passagem de ar, e a operação quando da etapa de “aeração de resfriamento” deve ser realizada com muito mais cuidado e atenção do que se o produto for enviado mais frio para os silos.

Nesses casos, o cuidado com a temperatura da massa de grãos deve ser redobrado, pois, como apresentado no volume referente à “Conservação”, destacam-se os elevados riscos que o produto corre de perda de qualidade se forem armazenados em temperaturas acima das ideais.

8.3.1 Temperatura do ar de secagem

Para se aumentar a capacidade de absorção de umidade do ar, já foi visto que se deve elevar a sua temperatura. Porém, aí se apresenta uma questão: Até qual temperatura é conveniente elevar a massa de ar?

Seguindo o raciocínio de que quanto maior a temperatura do ar menor será a sua umidade relativa e conseqüentemente maior o poder de absorção de água, seria possível concluir então que quanto mais alta a temperatura melhor. Porém, isso não se aplica na prática e a seguir são explicados os motivos.

O primeiro se refere à temperatura que a massa de grãos pode atingir.

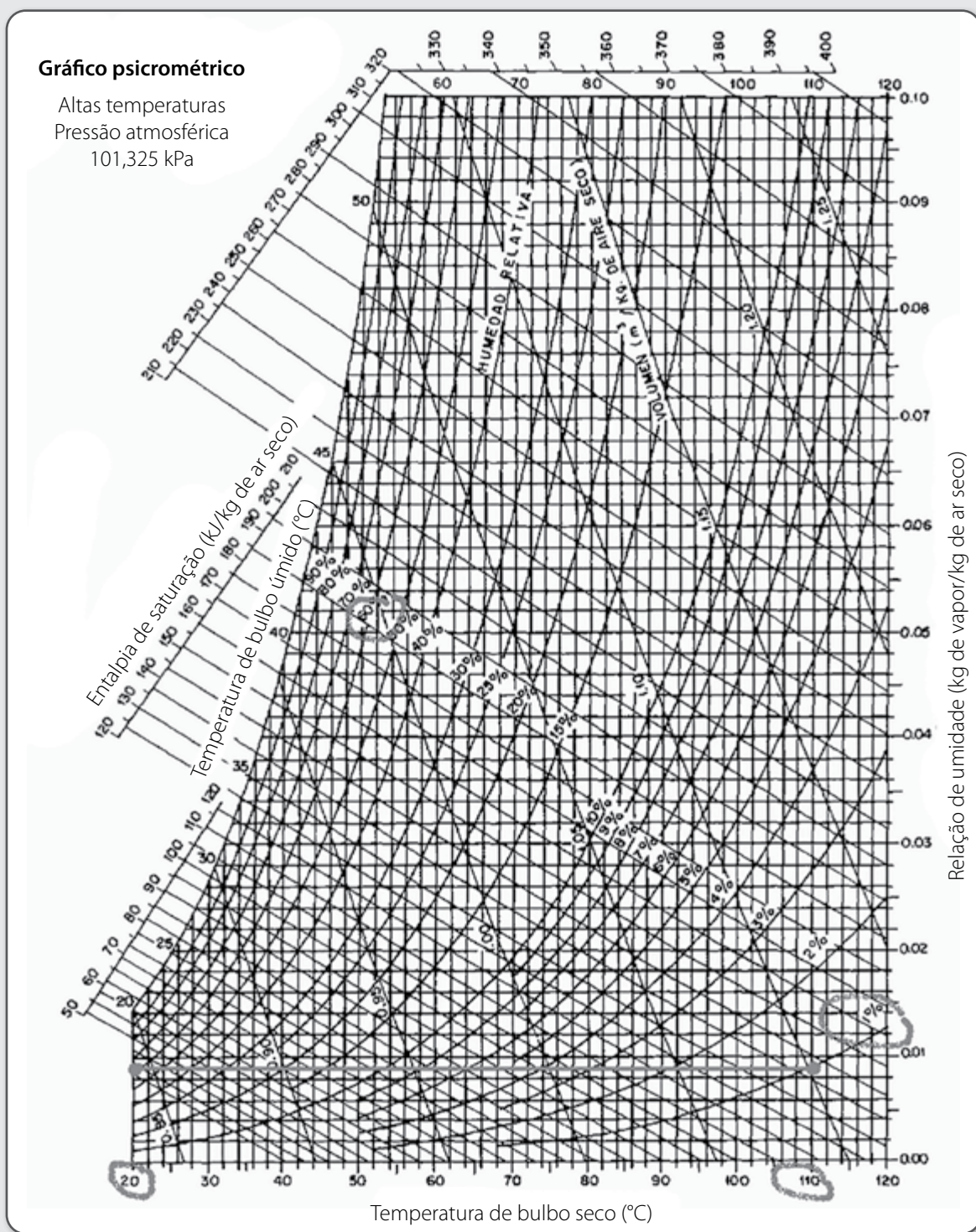
Vários estudos demonstram que grãos que atingem temperaturas acima de 50 °C começam a perder suas qualidades físicas, fisiológicas e nutricionais, o que não é desejado.

No caso do arroz, já foi referido que temperaturas da massa de grãos acima de 42 °C, ou segundo alguns autores 38 °C, provocam trincas e quebras, o que reduz drasticamente seu valor comercial.

Então esse é um grande limitante para se trabalhar secando com temperaturas muito elevadas.

Por outro lado, se for analisado um gráfico psicrométrico de alta temperatura será possível ver outra razão para não utilizar ar com temperatura muito elevada.

Figura 38 – Carta psicrométrica de alta temperatura.



Fonte: FAO, Princípios de Secado de Grãos, s. d.

Nesse gráfico psicrométrico da Figura 38, pode-se observar que o ar em estado original com temperatura de 20°C e 60% de Umidade Relativa (U.R.), possui uma umidade absoluta de pouco menos que 10 gramas de água por metro cúbico de ar (0,01 kg/m³).

Esse ar, se aquecido até 110°C continuará contendo as 10 gramas de água por metro cúbico, porém terá sua Umidade Relativa reduzida para algo em torno de 1%. Ora, essa umidade representa

uma elevada capacidade de absorção de água, então se o ar for aquecido até temperaturas acima de 110°C o ganho na redução de Umidade Relativa e consequente capacidade de absorção de água será muito pequena em relação ao que já se tem com 110°C.

Com esses dois aspectos apresentados acima, justifica-se porque na prática se utiliza uma temperatura do ar de secagem de até 110°C para a maioria dos grãos comerciais.

No entanto, a prática já demonstrou que para o milho não se deve utilizar uma temperatura do ar acima dos 100°C, pois, se isso acontecer, tem-se o risco de danificar o tegumento, causar trincas e até mesmo a quebra dos grãos.

Nos secadores "CIR" a temperatura do ar na seção inferior de secagem não deve ultrapassar 90°C.

No caso do arroz, em secadores convencionais é utilizada uma temperatura máxima do ar de secagem em torno de 60 °C para evitar que a massa de grãos passe dos 42°C.

Existem alguns tipos de secadores para arroz que possuem uma seção de secagem reduzida em que se pode aplicar um ar com temperatura de até 110°C. Isso é possível porque estes modelos de secador possuem uma câmara de repouso antes da câmara de secagem e trabalham em sistema de "rodízio" em que o produto passa várias vezes pelo secador retirando um pouco da umidade em cada "passe" (cada passada do produto pelo secador), para assim conseguir a secagem do produto.

Nesses casos, como a seção de secagem é pequena, o produto fica pouco tempo exposto à alta temperatura e isso impede que a temperatura da massa se eleve.

A Figura 39 mostra uma vista geral de um secador para arroz com câmara de repouso.

A câmara de repouso desses secadores serve para que a umidade se redistribua dentro dos grãos evitando o aparecimento de tensões internas, e também para que eles percam um pouco de calor e reduzam sua temperatura.

Um aspecto negativo desses secadores é que como são necessários muitos "passes" para retirar toda a umidade que se deseja, os grãos sofrem muitos choques físicos, o que pode avariá-lo, além do que os equipamentos também acabam apresentando um desgaste prematuro.

Figura 39 – Secador intermitente para arroz.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

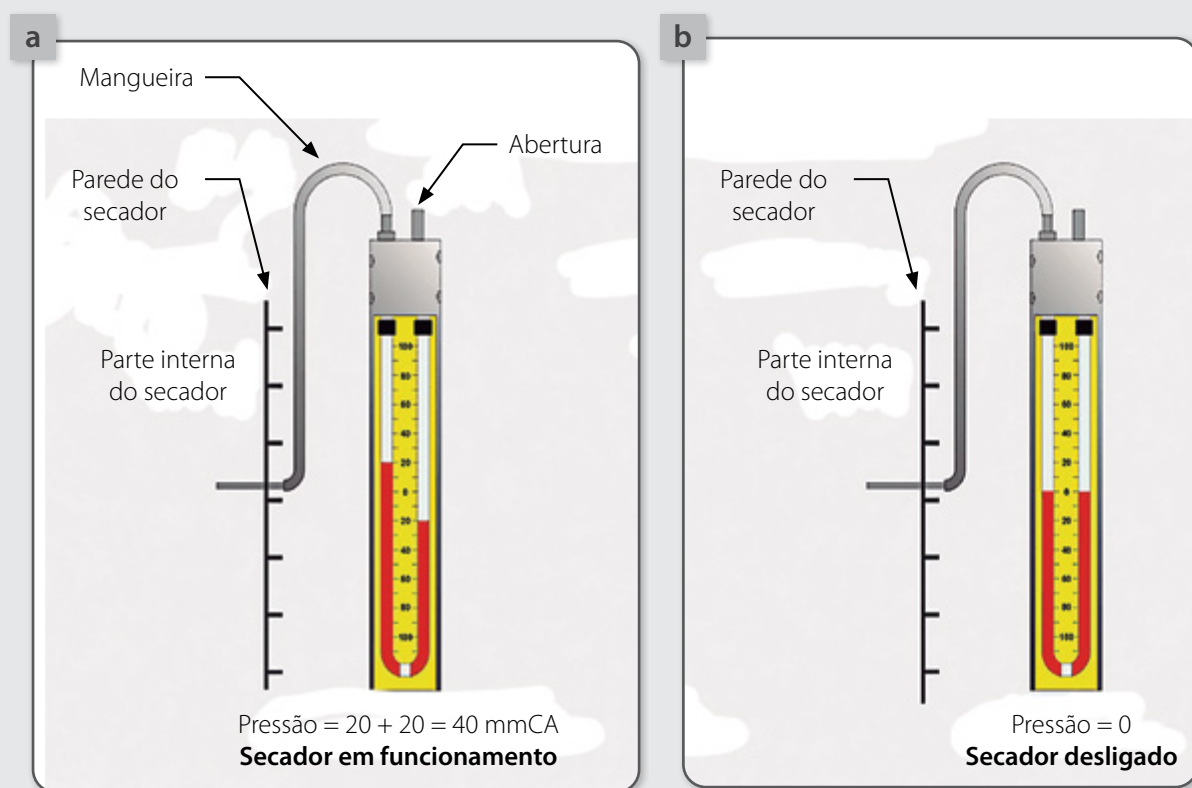
8.3.2 Pressões do ar nos diferentes secadores

Este capítulo provavelmente é o mais importante no que se refere à operação e regulagens de secadores. Isso porque estes equipamentos são dimensionados e projetados para funcionar com uma determinada vazão de ar de secagem a uma determinada temperatura, sendo essas vazões e temperaturas obtidas se as pressões em cada ponto do sistema estiverem dentro daquilo que foi projetado.

Porém, antes de tudo precisa-se conhecer o aparelho utilizado para medir as pressões do secador. O nome do aparelho é "manômetro em U" e é um dispositivo bastante simples.

A Figura 40 mostra um manômetro típico, já colocado em posição de trabalho.

Figura 40 – Manômetro em "U" para secadores e instruções de leitura.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Esse manômetro nada mais é do que um tubo de vidro transparente em forma de "U", com uma escala para medição em milímetros, tendo o zero no meio do aparelho.

A escala é posicionada dessa forma para facilitar a leitura das pressões.

A unidade de medição nesse caso será de "milímetros de coluna de água" ou simplesmente mmCA.

Observar que uma das extremidades do tubo em "U" é conectada ao secador por intermédio de uma mangueira flexível que deve possuir um pedaço de tubo rígido, de cobre, por exemplo, na extremidade.

É importante salientar que essa extremidade do tubo que entra no secador deve ficar em ângulo reto em relação ao fluxo de ar, pois como o que se quer saber é a pressão estática do sistema, essa é a maneira correta para não causar distorções nas medições.

A outra extremidade do manômetro deve ficar totalmente livre.

Na Figura 40b, tem-se o aparelho instalado estando o secador com os ventiladores desligados.

O primeiro passo a realizar é colocar o líquido de leitura dentro do tubo do manômetro até a altura aproximada do "zero".

Ao posicionar o manômetro e conectá-lo ao secador (desligado) deve-se então "zerar" a escala, e fazer isso movendo a escala de leitura colocando o zero alinhado com o nível do líquido. Caso não se consiga zerar o aparelho, deve-se colocar ou retirar líquido de leitura conforme necessário.

O líquido utilizado já acompanha o aparelho, mas este nada mais é do que água com um corante para facilitar a visualização. Caso não se possua esse líquido pode ser utilizada água normal, mas nunca algum outro tipo de líquido como óleo, álcool ou outro.

É importante salientar que o manômetro deve ficar bem "aprumado" evitando-se que fique inclinado durante a operação.

Na Figura 40a, vê-se o que acontece quando se ligam os ventiladores.

Pela depressão exercida, a coluna de líquido no lado que está conectado ao secador vai se elevar e, conseqüentemente, a coluna no lado oposto vai descer.

A leitura da pressão é feita somando-se o tanto em milímetros que a coluna se elevou de um lado com o tanto que a coluna desceu do outro.

No exemplo da Figura 40 ocorreu um "desnível" de 20 mm em cada lado em relação ao zero da escala, isso significa uma pressão estática negativa de 40 mmCA.

Quando o sistema trabalha em depressão, como ocorre na maioria dos secadores, diz-se que as pressões são negativas, e se o secador trabalhar pressurizado serão pressões positivas.

Entendendo bem o modo de realizar a leitura das pressões, serão abordados quais os pontos primordiais a serem medidos e regulados no sistema fornalha/secador.

Para realizar a medição das pressões, deve-se estar com o secador carregado de produto, ventiladores ligados, todas as portas de inspeção fechadas e a fornalha com os cinzeiros embaixo das grelhas abertos e os demais fechados, registro da chaminé fechado e portas de alimentação fechadas e a câmara de combustão abastecida com lenha.

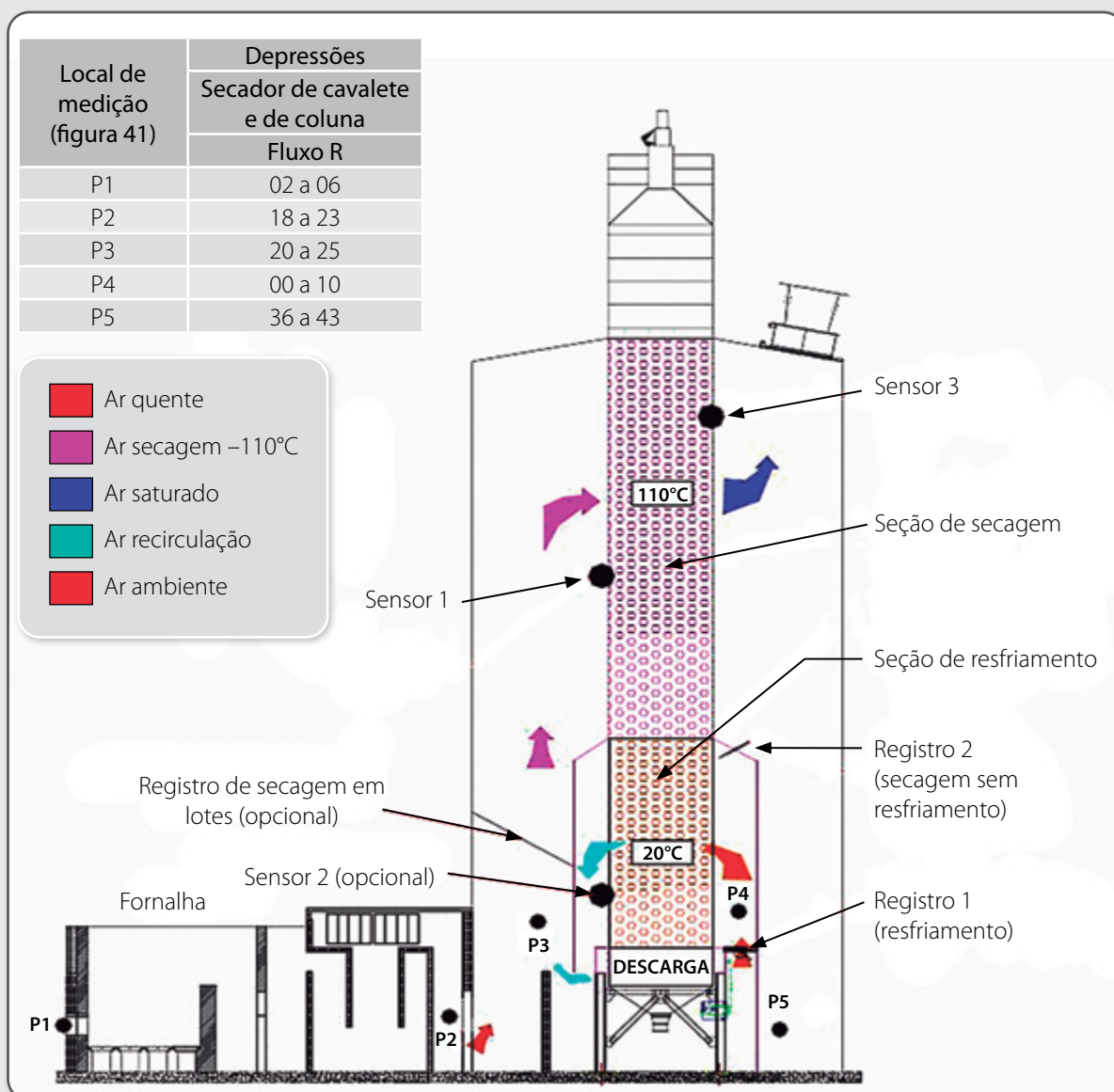
Pressões do ar secador com resfriamento (R)

A Figura 41 mostra um secador típico que trabalha em pressão negativa e possui uma fornalha para queima de lenha em toras, e com resfriamento no próprio secador logo após a seção de secagem.

Esse secador possui recirculação do ar de resfriamento, sendo, portanto, um tipo “R” conforme descrito anteriormente.

As pressões apresentadas são típicas tanto para secadores de cavaletes como secadores de coluna de bandejas.

Figura 41 – Secador e fornalha típicos e valores de pressões estáticas e seus pontos de medição. Secador com seção de resfriamento e recirculação simples do ar de resfriamento.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Abaixo, vai-se analisar cada ponto de medição e os valores de pressão esperados.

O "Ponto 1" se encontra na porta de alimentação da fornalha, ou seja, mede a depressão na câmara de combustão. Na Figura 41, vê-se que esse ponto pode assumir um valor entre 02 e 06 mmCA, porém a prática ensina que um número bom é 05 mmCA.

Essa é uma das pressões mais importantes, porque ela é que determina o desempenho da fornalha. Caso se tenha uma pressão muito baixa nesse ponto não se consegue promover a entrada adequada de ar de combustão pelas grelhas nem "arrastar" o calor gerado para dentro do secador. Por outro lado, uma depressão muito alta, acima dos 06 mmCA promoverá um arraste excessivo de fagulhas, o que é altamente perigoso.

Para fazer a medição no ponto P1 pode-se abrir uma pequena fresta na porta de alimentação e por ali introduzir a extremidade do tubo rígido.

O ponto seguinte a ser verificado é o P2.

Ele está localizado na extremidade da fornalha oposta à câmara de combustão, no ponto de ligação com o secador.

A Figura 41 mostra um intervalo para o valor da pressão em P2 entre 18 e 23 mmCA.

Pela prática pode-se afirmar que esse valor pode ser próximo de 25 mmCA, não devendo ficar abaixo de 20 mmCA.

Esta pressão representa a "perda de carga" da fornalha, cujo cálculo leva em conta a sua geometria interna, velocidade do ar nas diversas câmaras e perdas nas entradas (cinzeiros).

Uma fornalha bem dimensionada não deve ter uma perda superior a 20 mmCA, entre a câmara de combustão e a ligação com o secador. Porém, alguns fabricantes fazem fornalhas muito pequenas, com pouca área de grelha e passagens de ar subdimensionadas e isso faz com que as velocidades do ar dentro da fornalha sejam maiores do que as recomendadas e com isso elas apresentam maior perda de carga.

O problema que isso representa é que os ventiladores do secador nem sempre, ou pelo que se conhece, nunca são dimensionados de forma a vencer essas perdas maiores. Com isso, todo o sistema fica prejudicado e não apresenta um rendimento ideal.

Além disso, um fator muito grave é que ao se aumentar a velocidade do ar no interior da fornalha provoca-se um arraste excessivo de fagulhas e também não se dá tempo para que elas se apaguem no trajeto fornalha/secador. Ou seja, não existem milagres.

Alguns fabricantes lançam mão de artifícios como esse de reduzir o tamanho das fornalhas para baratear custos e ser mais competitivos. No entanto, dessa forma estão "iludindo" a si mesmos e aos clientes.

Uma forma de regular as pressões na fornalha nos pontos P1 e P2 é regular o registro que existe entre os pontos P2 e P3 mostrado na seção referente aos "registros de ar", mas logo adiante, quando se analisar o ponto P4, será possível ver que esse tem influência direta em P1 e P2.

O próximo ponto a ser verificado é o P3. Ele está situado imediatamente após o P2, mas já no difusor de entrada do secador.

Pode-se observar que os valores recomendados para o P3 são pouco superiores aos do P2, ficando entre 20 a 25 mmCA. Analisando-o pode-se dizer que esse pequeno salto na pressão, em torno de 2 mmCA é devido à passagem do ar da fornalha para o secador, sendo que nesse ponto normalmente há uma redução de seção e também um registro de regulagem do fluxo, além de uma mudança na direção do fluxo de ar.

Pode-se afirmar que o valor de pressão obtido no P3 **nunca** poderá ser igual ou inferior ao valor da pressão média em P2. Essas duas pressões podem se mostrar muito próximas com diferenças quase imperceptíveis, mas salienta-se que **sempre** P3 será maior que P2.

Outro detalhe importante que é preciso deixar claro é que os difusores tanto de entrada de ar no secador como o de saída se comportam como "plenuns", ou seja, os valores de pressão podem ser medidos em qualquer ponto do difusor e deve apresentar o mesmo valor, em qualquer desses pontos.

Porém deve-se tomar cuidado quanto à existência de qualquer restrição como registros de ar ou mudanças de seção que podem afetar os valores de pressão.

O próximo ponto a ser medido é o P4.

No secador com reaproveitamento e recirculação do ar de resfriamento, esse ponto se localiza no lado oposto à fornalha no mesmo lado dos ventiladores, logo na entrada de ar para a câmara de resfriamento dos grãos.

Os valores recomendados para a pressão em P4 variam de 0 (zero) até 10 mmCA.

Nesse momento, é importante fazer uma observação quanto ao resfriamento dos grãos após a secagem.

Como já colocado anteriormente, é importante resfriar os grãos para uma boa armazenagem e conservação futura, e que esse resfriamento deve tentar abaixar ao máximo a temperatura dos grãos. Como o resfriamento é realizado pela passagem de ar em temperatura ambiente, sabe-se que quanto mais ar entrar em contato com os grãos, maior será a troca de calor.

Também é importante salientar que a seção de resfriamento em um secador representa algo entre 20 a 30% de todo o volume da torre, consequentemente a vazão de ar do resfriamento sempre será menor do que a vazão de ar na secagem.

Então, pode-se concluir com o exposto acima que quanto mais ar frio, em temperatura ambiente puder ser lançado por meio da seção de resfriamento, desde que não desequilibre as outras pressões, maior será a redução da temperatura dos grãos, e também mais energia na forma de calor sensível estará sendo recuperado pelo sistema.

Com isso exposto, pode-se afirmar que, quanto mais livre estiver a entrada do ar de resfriamento, mais benéfico será. Isso na prática significa que a pressão no ponto P4 deverá ser a menor possível, pois ela representa a restrição na entrada do ar, ou seja, nesse ponto deve-se ter pressões próximas a zero.

Salienta-se que em determinadas circunstâncias poderá ser necessário restringir a entrada de ar de resfriamento, principalmente quando a temperatura ambiente estiver muito baixa, de forma a se conseguir atingir as temperaturas de secagem desejadas. Essa restrição pode ser conseguida por meio da regulação do registro de entrada de ar de resfriamento que existe nessa câmara.

O próximo ponto a ser verificado é o P5, ele situa-se no difusor de saída do ar do secador.

A pressão neste caso é consequência das demais pressões, acrescidas pela perda de carga que o ar sofre ao passar pelo produto na torre.

O valor normal para essa pressão está em uma faixa entre 36 e 43 mmCA, sendo que é normal a mesma chegar aos 45 mmCA.

Porém, se essa pressão no ponto P5 estiver acima dos 45 mmCA, significa que o sistema está "estrangulado", ou seja, a pressão em algum outro ponto está demasiadamente alta. Por outro lado, se essa pressão no ponto P5 estiver abaixo dos 36 mmCA, significa que se está com entradas de ar em demasia. Isso pode estar sendo causado por má regulação dos registros de ar, tanto de mistura na fornalha como o do resfriamento, ou ainda pode ser um sintoma de que existe entrada de "ar falso" no sistema.

Se as tentativas de corrigir esse problema por meio da regulação dos registros não surtirem efeito, sugere-se verificar a existência de entradas de ar falso, que pode estar entrando por alguma porta ou escotilha mal fechada ou mal vedada, ou ainda devido à falha nas vedações entre os componentes do secador.

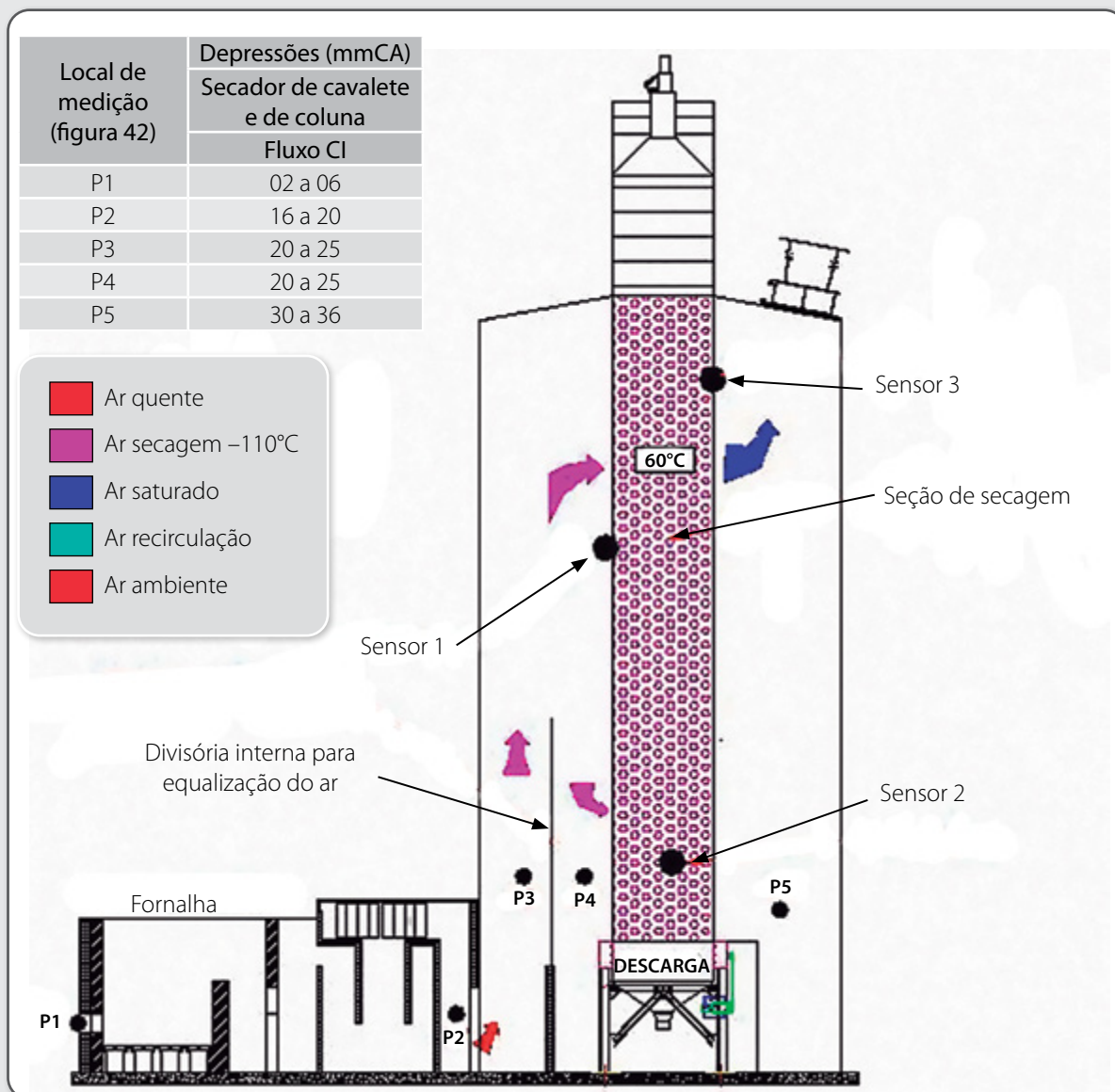
Só para lembrar, os difusores de saída de ar funcionam como "plenuns" e isso significa que a medição da pressão P5 pode ser realizada em qualquer ponto dele, tanto em um nível mais baixo próximo ao solo como no alto próximo aos ventiladores.

Pressões do ar secador coluna inteira arroz

No caso de secadores que operam em coluna inteira os valores das pressões são um pouco diferentes.

Na Figura 42, verificam-se quais os valores recomendados em cada ponto para um secador típico de arroz, com secagem em toda coluna, sem resfriamento e sem recirculação de ar.

Figura 42 – Pressões em secador operando com coluna inteira, sem recirculação de ar, utilizado para secagem de arroz .



Fonte: Kepler Weber, 2013.

É importante observar que o valor da pressão em P1 é o mesmo, e para esse ponto vale a recomendação de 5mmCA anterior. O mesmo tem-se para P2 e P3.

Nesse caso, percebe-se que o P4 é do mesmo lado da torre que o P3, pois não há entrada de ar de resfriamento.

Como P3 e P4 estão na mesma câmara, é lógico que o valor seja igual para os dois pontos.

O valor que vai sofrer uma alteração sensível será o P5, na saída do ar.

Ele terá um valor mais baixo que nos secadores com resfriamento, sendo o normal até algo em torno de 36 mmCA. Isso se explica porque o ar necessita atravessar a torre de secagem apenas uma vez, ao contrário dos secadores com resfriamento e recirculação.

Pressões do ar secador coluna inteira com recirculação (CIR)

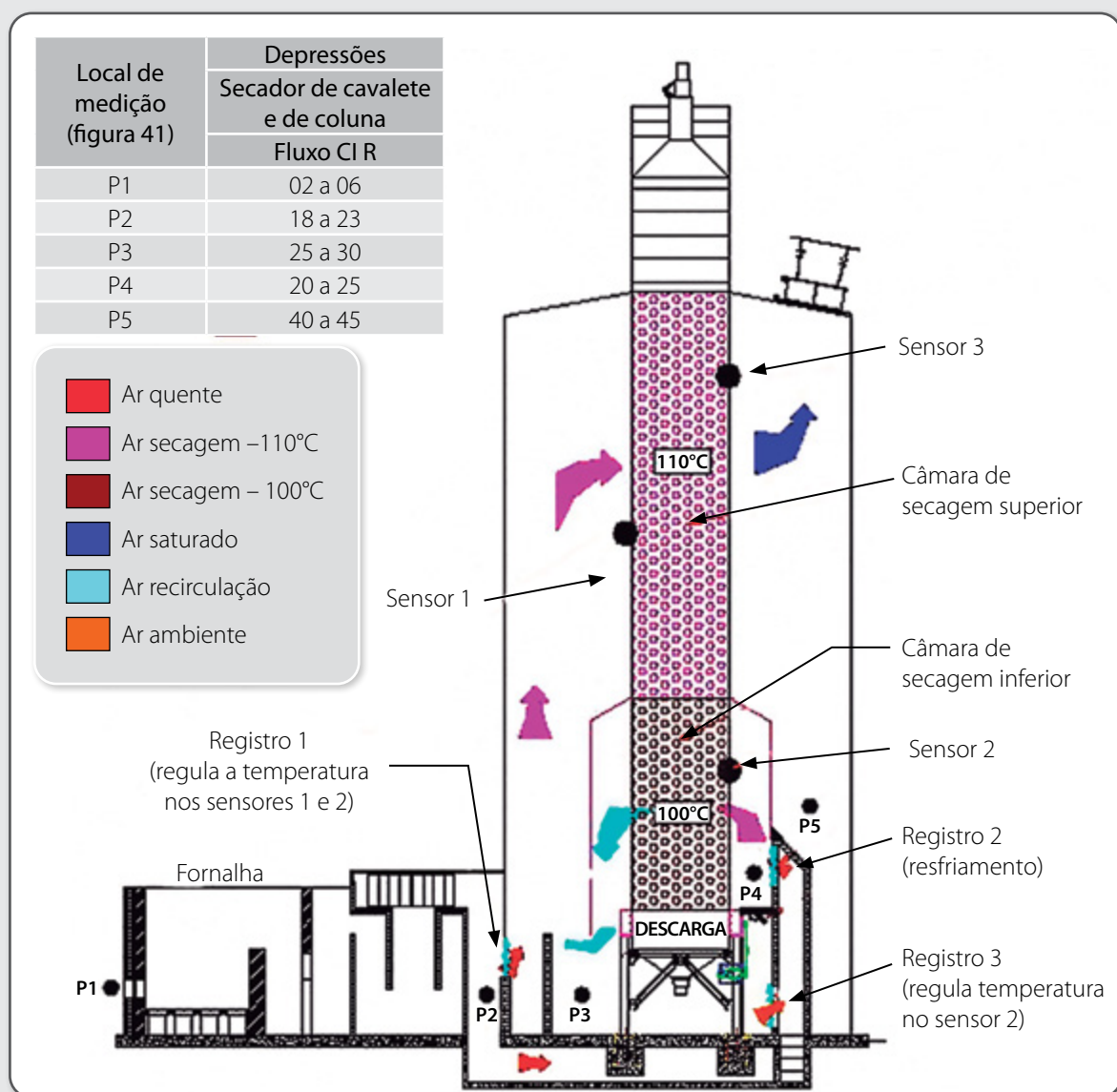
Como já citado anteriormente, uma forma construtiva que está ganhando espaço é a dos secadores tipo CIR.

A vantagem dessa configuração é aumentar a capacidade estática do equipamento, utilizando toda a torre para promover a secagem e realizando o resfriamento dos grãos posteriormente nos silos de armazenagem.

Salienta-se novamente a necessidade de que todo o conjunto seja dimensionado e construído de forma a obter o resultado desejado.

Na Figura 43, tem-se um secador que opera em coluna inteira com recirculação do ar, tipo "CIR".

Figura 43 – Pressões em secador operando com coluna inteira, com recirculação de ar.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Pode-se observar que existe uma passagem de ar quente por baixo do secador de forma a levar o ar aquecido para o lado oposto da torre.

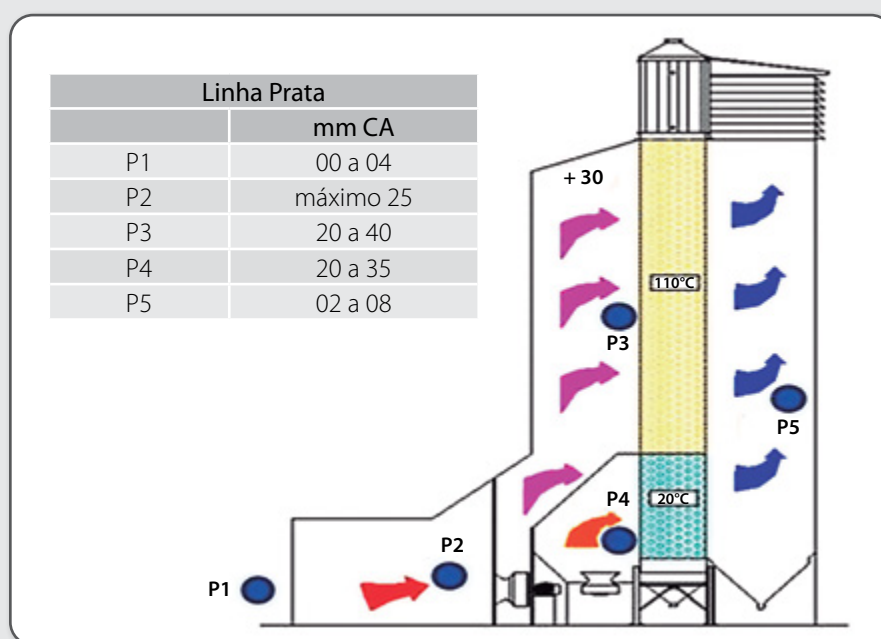
Isso é feito de maneira que o ar que passa na seção inferior da secagem retorne para o difusor de entrada no lado da fornalha e seja novamente utilizado na seção superior, de forma a aproveitar o calor desse ar e com isso diminuir o consumo de energia térmica para aquecimento do ar, e também diminuir o volume de ar que passa pelos ventiladores e consequentemente diminuir o consumo de energia elétrica necessária para movimentar o ar.

Pressões do ar secador Khronos com resfriamento, sem recirculação de ar

A linha Khronos de secadores apresenta também diversas opções e configurações para o fluxo do ar de secagem e de resfriamento.

Na Figura 44, apresenta-se a opção de onde é realizado o resfriamento sem a recirculação do ar, e seus respectivos valores de pressão estática nos vários pontos do sistema.

Figura 44 – Pressões em secador Khronos operando com resfriamento, sem recirculação de ar.



Fonte: Kepler Weber, 2013.



IMPORTANTE

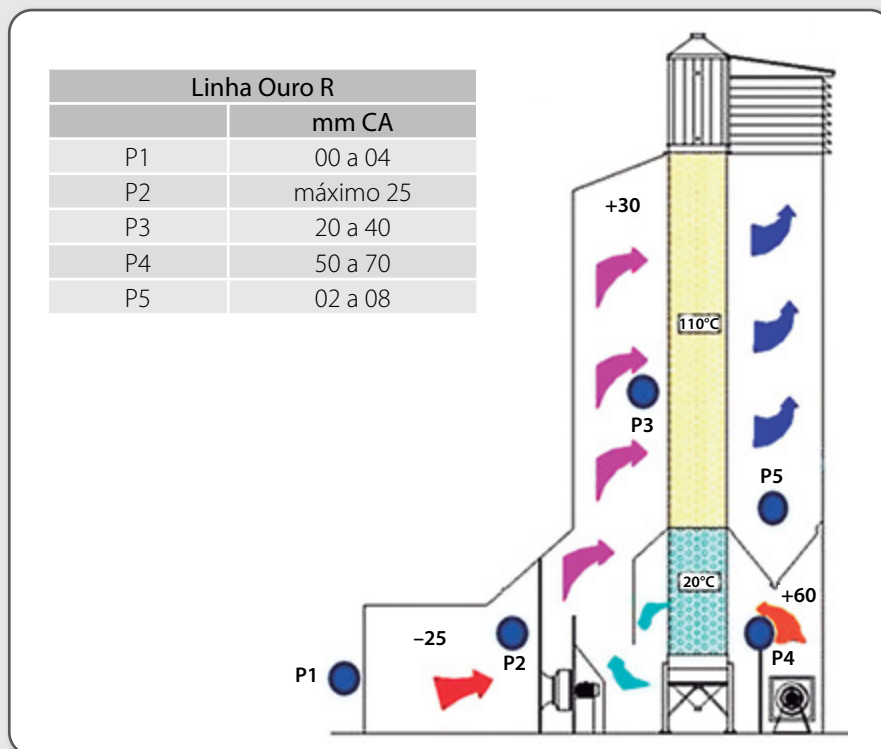
nos secadores da linha Khronos, as pressões **após** a fornalha são todas **positivas**, e não negativas como nos secadores convencionais.

Ou seja, P1 e P2 são negativas e P3, P4 e P5 são positivas.

Pressões do ar secador Khronos com resfriamento, com recirculação de ar (R)

Na Figura 45, apresenta-se a opção de onde é realizado o resfriamento com a recirculação do ar, e seus respectivos valores de pressão estática nos vários pontos do sistema.

Figura 45 – Pressões em secador Khronos operando com resfriamento, com recirculação de ar (R).

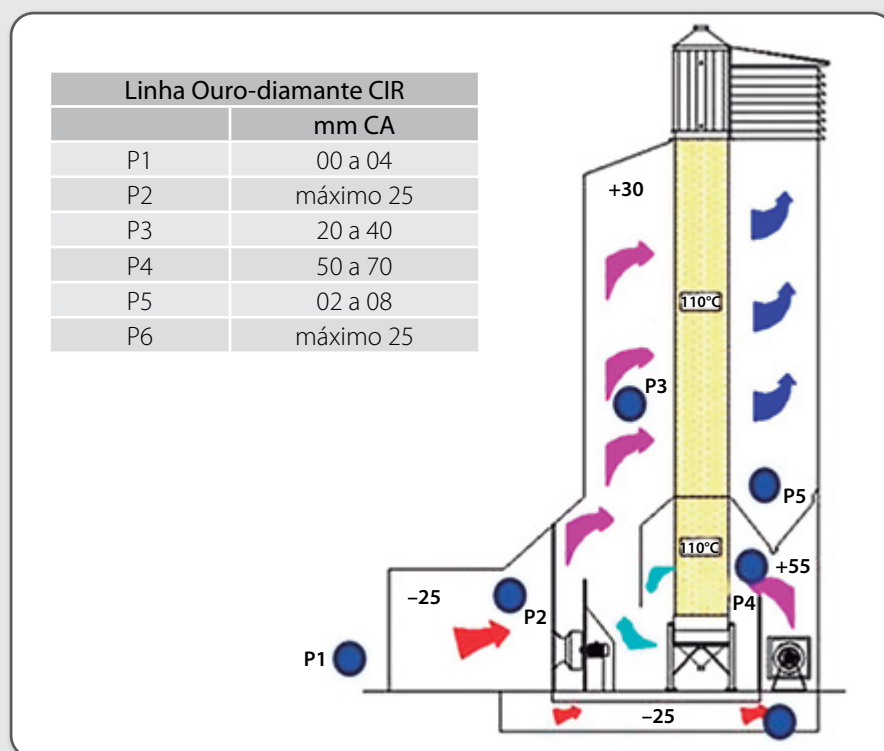


Fonte: Kepler Weber, 2013.

Pressões do ar secador Khronos sem resfriamento, com recirculação de ar (Cir)

Na Figura 46, apresenta-se a opção de onde é realizada a secagem em coluna inteira sem resfriamento, mas com a recirculação do ar de secagem, e seus respectivos valores de pressão estática nos vários pontos do sistema.

Figura 46 – Pressões em secador Khronos operando sem resfriamento, com recirculação de ar e coluna inteira (CIR).

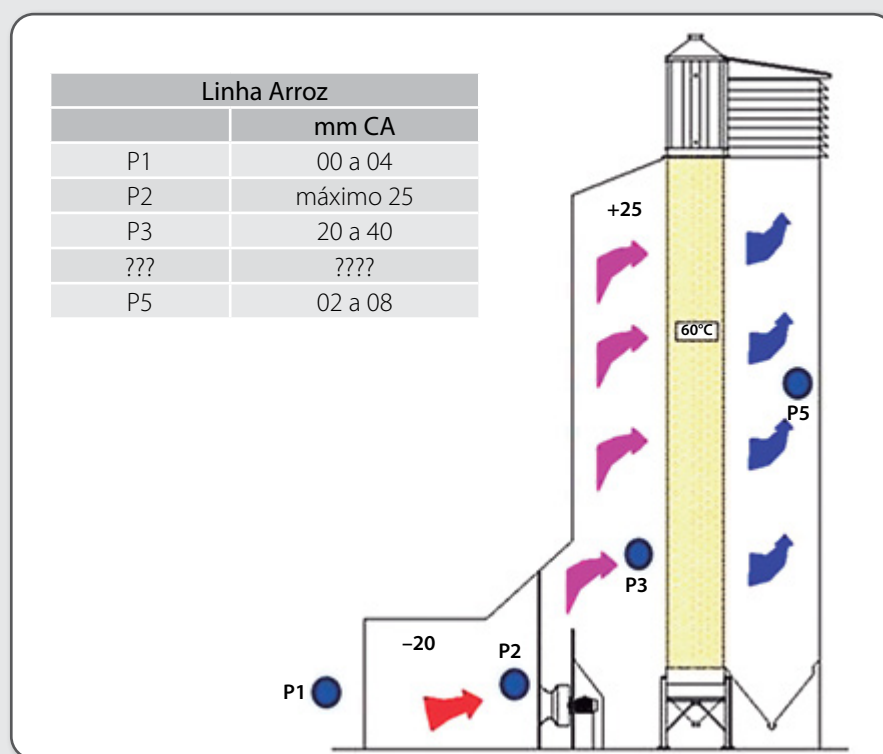


Fonte: Kepler Weber, 2013.

Pressões do ar secador Khronos sem resfriamento e coluna inteira sem recirculação de ar (arroz)

Na Figura 47, apresenta-se a opção de onde é realizada a secagem em coluna inteira sem resfriamento, no caso específico para secagem de arroz, e seus respectivos valores de pressão estática nos vários pontos do sistema.

Figura 47 – Pressões em secador Khronos operando sem resfriamento e coluna inteira para arroz (CI).



Fonte: Kepler Weber, 2013.

8.3.3 Ajustes das pressões

Para realizar a regulagem das pressões segundo o recomendado conforme os casos acima, em primeiro lugar deve-se entender que se está tratando de um "sistema", que engloba secador e fornalha. Isso significa que qualquer alteração que se faça em um dos registros ou nas entradas e saídas de ar, afetará o comportamento das pressões em todo o sistema.

Na seção "registros de ar", já se mostra onde eles estão localizados e a função de cada um e, com o que se viu sobre as pressões, tem-se condições de realizar a regulagem de cada um dos registros de forma a obter os valores recomendados.

Salienta-se que por meio da prática e do conhecimento das particularidades de cada equipamento, será possível realizar as devidas regulagens.

Fatores ambientais, como temperatura e umidade do ar e outros como tipo e qualidade da lenha, interferem bastante na operação e consequentemente nas regulagens.

É importante destacar que sempre que se necessitar realizar alguma regulação, a mesma deve ser de forma gradual e nunca abrupta. Se necessitar abrir ou fechar os registros, fazer isso aos poucos e sempre após qualquer mudança conferir novamente as pressões.

8.4 TEMPERATURA DA MASSA DE GRÃOS

Na seção referente às temperaturas do ar, já se adiantou que a massa de grãos não pode ultrapassar determinados limites de temperatura sob pena de perderem suas propriedades.

Entre estas, salienta-se desde o aspecto físico, nutricional e outros como germinação e vigor.

Destaca-se, também, que no caso do arroz se a temperatura da massa exceder 42°C certamente o índice de quebra será elevado, e que em grãos como o milho pode ocorrer o aumento de um fator denominado "susceptibilidade de quebra", o que significa que mesmo que o grão ao sair do secador não apresente trincas ou quebrados, a chance de que isso ocorra posteriormente aumenta consideravelmente.

Pelo que já se pesquisou e vivenciou, pode-se dizer que não existe um consenso sobre qual a temperatura limite que a massa de grãos pode atingir.

Isso também porque dependendo da utilização futura que os grãos terão, essa temperatura poderá ser maior ou menor.

Por exemplo, para o milho que for destinado para semente, a temperatura dele não poderá passar de 44°C ao final da secagem.

Já se esse mesmo tipo de grão for destinado para obtenção de amido sua temperatura pode atingir até 55°C.

E por outro lado se o milho for destinado para fabricação de ração essa temperatura poderia chegar até 82°C.

Coloca-se "poderia" porque existem outros aspectos físicos como, por exemplo, a quebra ou aumento na susceptibilidade de quebra e não somente a questão nutricional.

De grosso modo, recomenda-se que para produtos comerciais (com exceção do arroz), e que não serão destinados para semente pode-se chegar a temperaturas da massa de até 50°C, sem risco de prejudicar as suas qualidades.

Salienta-se que a temperatura da massa de grãos ao final da secagem antes do resfriamento será consequência de diversos fatores sendo os principais a umidade e temperatura dos grãos na entrada do secador, temperatura e vazão de ar de secagem, tipo de secador e tempo de residência dos grãos na câmara de secagem.

O ideal é que o secador possua um termômetro posicionado na massa de grãos na região em que eles estão saindo da seção de secagem.

Porém, é necessário muito cuidado quanto à localização desse termômetro para que ele meça a temperatura apenas dos grãos, sem interferência da temperatura do ar de secagem, o que distorceria completamente as medições.

8.5 CAPTAÇÃO DE PÓ

A massa de grãos pode conter diversos tipos de elementos estranhos que se denominam impurezas e, entre essas impurezas, encontram-se vários tipos de pó, que são partículas muito menores que os grãos, algumas delas microscópicas.

Esse pó é constituído não só por componentes inertes proveniente da terra e areia, como também por componentes orgânicos dos próprios grãos, pela planta que os originou ou até por outras espécies de plantas presentes na lavoura.

Quando da recepção dos grãos na unidade armazenadora normalmente antes da secagem é realizada uma "pré-limpeza" dos grãos com o objetivo de remover os elementos estranhos, e entre estes também o pó. Porém, mesmo com o processo de pré-limpeza não se consegue eliminar totalmente o pó da massa de grãos.

Além disso, durante o processo de secagem ocorre o desprendimento de uma porção significativa de pó e pequenos elementos que não são retirados nas máquinas de limpeza.

Também é preciso levar em consideração o fato de que ao sofrerem a secagem os grãos reduzem em tamanho e essa mudança de dimensões causa desprendimento de parte do tegumento, especialmente em grãos como milho.

No caso do arroz, que é secado com casca, o próprio atrito dos grãos entre si e com as partes internas dos equipamentos faz com que se desprendam pequenos elementos da casca.

Aliado a esses fatores tem-se o fato de que como os secadores funcionam com passagem de ar pela massa de grãos, o qual possui uma determinada velocidade, o fluxo de ar arrastará o pó preexistente ou gerado durante o próprio processo de secagem e lançá-lo ao ambiente.

Em vista disso, já há bastante tempo que a questão de geração de pó em unidades de armazenagem, principalmente em secadores, se tornou um sério problema.

Muitos estudos e desenvolvimentos já foram realizados na tentativa de solucionar essa questão, porém alguns fatores peculiares aos secadores e aos próprios grãos impediu até hoje que se tenha uma solução ideal.

Fatores como o elevado volume de ar contaminado, a grande diversidade de tipos, granulometria e densidade das partículas presentes, e principalmente o elevado teor de umidade do ar servido em secadores são extremamente difíceis de serem controlados.

Já foram tentados diversos tipos de solução como telas de retenção, lavagem dos gases com água, centrifugação e filtragem.

Uma coisa que se precisa entender é que não adianta eliminar o pó do ar e transferi-lo para outro meio como água por exemplo, onde o comportamento desse pó poderá trazer problemas ainda maiores como fermentação, mau cheiro e, posteriormente, ainda é preciso separá-lo novamente da água.

No passado, muitas unidades de armazenagem adotaram soluções para reter as partículas que saem do secador por meio de uma filtragem grosseira com a utilização de "casas de tela", porém esse sistema é apenas um paliativo e sua eficiência é muito baixa, além do que apresenta uma série de inconvenientes.

Um dos problemas apresentados é que a saturação da superfície de tela ocorre muito rapidamente e isso reduz a vazão de ar do sistema prejudicando o desempenho do secador.

Para a saturação não ser tão rápida, muitos adotaram construir casas de tela com grandes dimensões, quase do tamanho do secador, mas isso apenas retarda o tempo de saturação e cria outro problema que é a dificuldade para promover a limpeza em todas as regiões da tela.

Sem contar que esses sistemas não conseguem reter as partículas menores e microscópicas, as quais acabam sendo expelidas ao ambiente.

Para realizar a limpeza de forma automática e assim reduzir o tamanho e área de tela foram desenvolvidos sistemas rotativos autolimpantes como mostrado na Figura 48

Figura 48 – Sistema de captação de pó de secador com tela rotativa autolimpante.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

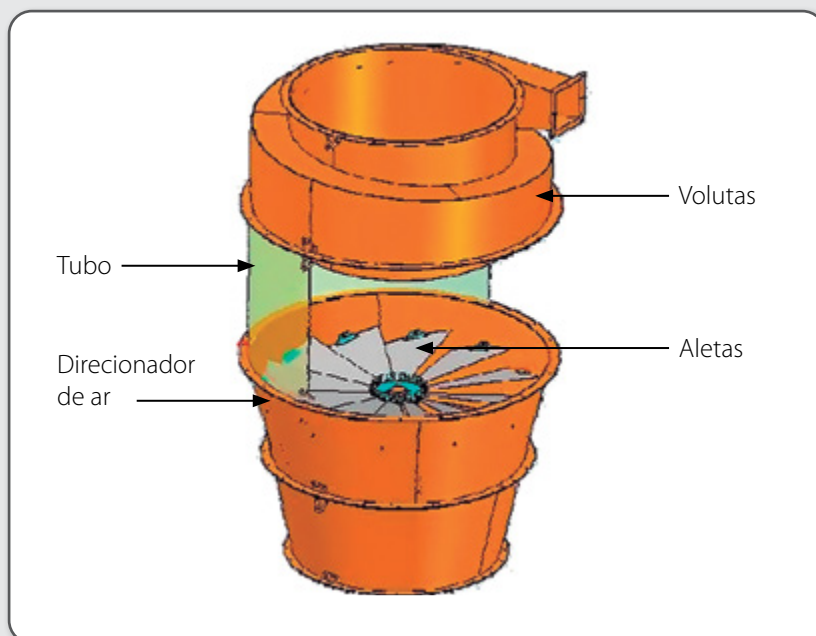
Porém, também essa solução não se mostrou satisfatória pois a saturação da tela é muito rápida e os dispositivos de limpeza utilizados como escovas e coifas, não conseguem remover as partículas aderidas. Além disso, ocorrem muitos problemas de escape de ar e pó, e problemas de funcionamento em geral.

Soluções com filtros ou ciclones também já foram tentadas, porém nesses casos a demanda de potência e alto custo destes dispositivos os tornam proibitivos.

Um método que tem apresentado resultados satisfatórios, mas que não parece ser a solução definitiva, utiliza o princípio da inércia para separar "parte" do pó que sai dos secadores.

Na Figura 49, pode-se ver um exemplo de um sistema desse tipo acoplado em ventilador axial.

Figura 49 – Separador de pó inercial para secador.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

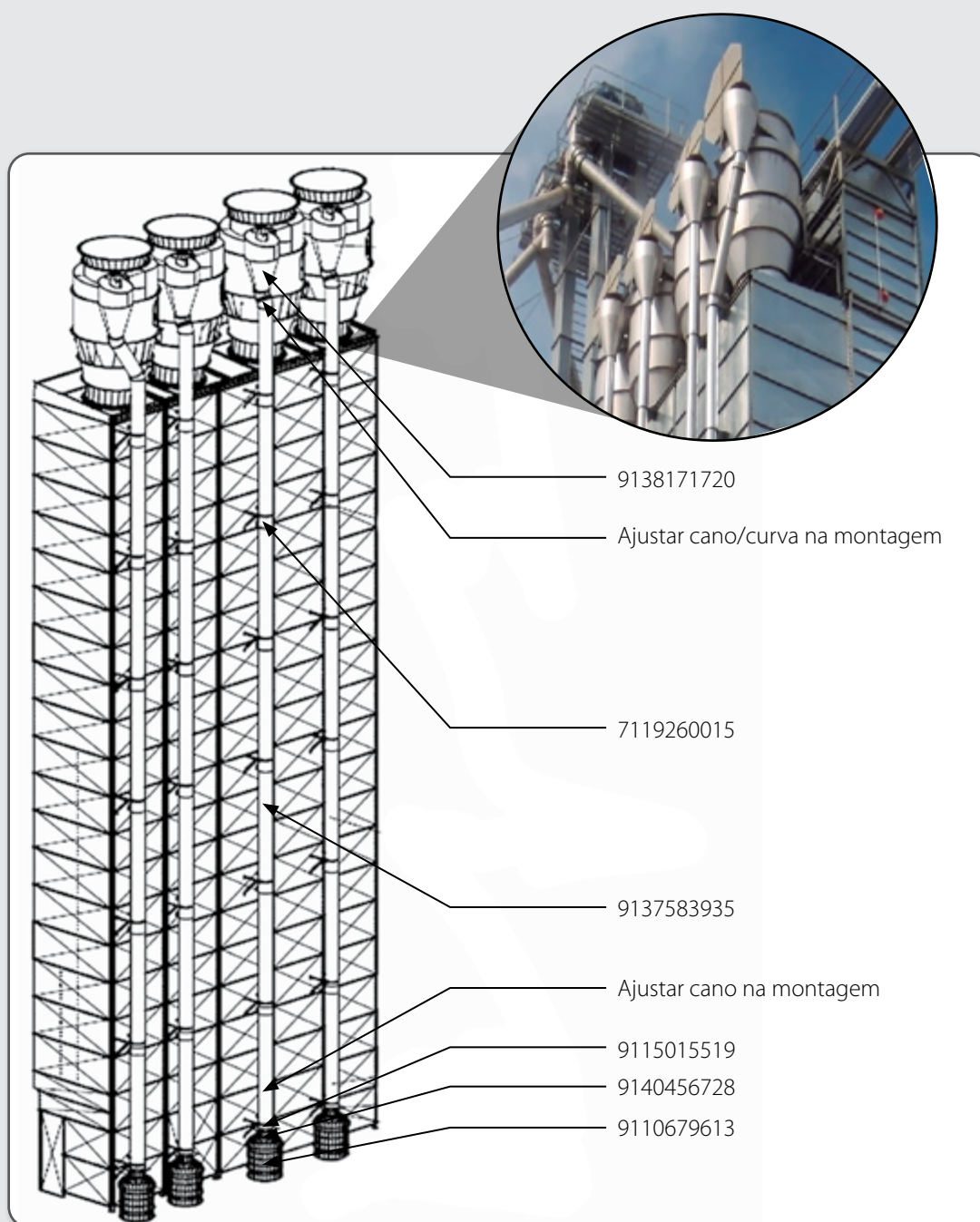
O princípio de funcionamento é bastante simples. O ar aspirado pelo ventilador é direcionado contra as aletas mostradas na Figura 49 e estas aletas forçam o ar a realizar um movimento circular. Ao fazer isso as partículas sólidas que possuem maior inércia que o ar são impelidas para a parte mais externa do tubo.

Na sequência do fluxo, existe uma voluta que capta parte do ar que está saindo e no qual se encontra a maior parte das partículas.

A aletas possuem uma regulagem que permite aumentar ou diminuir a eficiência da separação, porém um aumento na eficiência da separação inevitavelmente causará uma maior perda de carga e uma diminuição no fluxo de ar do secador e consequente redução de capacidade de secagem.

Na Figura 50, pode-se ver um sistema desse tipo instalado em um secador comercial.

Figura 50 – Captação de pó em secador.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

O ar que é separado no captador é direcionado para um pequeno ciclone, no qual ocorre a separação definitiva entre ar e pó, sendo o pó então canalizado para sacos onde é depositado e o ar é lançado ao ambiente.

Não se sabe ao certo qual a eficiência desse sistema e, como já foi dito, parece que ainda não é a solução definitiva. Mas esse é o sistema que tem demonstrado um funcionamento razoável, com um bom custo benefício, associado a um baixo consumo de potência.

8.6 TROCA DE PRODUTO

Quando houver necessidade de trocar o produto a ser secado, devem-se tomar os seguintes cuidados:

- nunca colocar dois tipos diferentes de produto dentro do secador;
- antes da troca, retirar todo o produto existente no secador;
- fazer uma limpeza geral no secador, observar os pontos indicados no item “limpeza”;
- colocar produto no secador como indicado no item “carga do secador”;
- iniciar a secagem em “rodízio”;
- após o grão estar saindo com a umidade desejada trocar o fluxo para contínuo.

8.7 AUTOMAÇÃO DO ABASTECIMENTO DA FORNALHA

Devido ao fato de os secadores normalmente utilizarem fornalhas para queima de lenha em toras, torna-se bastante difícil instalar um sistema mais complexo de automação neles. Isso porque o desempenho ou capacidade do secador está diretamente relacionado com a temperatura e vazão do ar de secagem, e já se viu que em um sistema de geração de calor que utiliza lenha fica impossível manter uma regularidade nas temperaturas, ainda mais se a alimentação da fornalha for manual.

Existe a opção de alimentação automatizada da fornalha, porém a colocação de lenha na esteira e o acionamento desta por meio do painel continua sendo manual.

Também conta muito o fato de que as toras de lenha não possuem uma dimensão única, ou seja, o comportamento e o tempo de queima de cada tora serão diferentes, o que causa uma geração de calor irregular.

Na Figura 51, tem-se um alimentador automatizado conforme descrito acima.

Figura 51 – Alimentador de lenha automatizado.



Fonte: Kepler Weber, 2013.

Pelo painel de comando pode-se regular as temperaturas de secagem e velocidade da descarga, e esses parâmetros servirão para controlar o sistema de alimentação de lenha, de forma que se a temperatura do ar de secagem descer abaixo do valor desejado, a esteira é acionada para alimentar a fornalha.

O seu funcionamento é temporizado, ou seja, quando é acionada para colocar mais lenha ela opera por alguns segundos e para, ficando alguns minutos bloqueada. Isso porque, como a queima da lenha não ocorre de forma instantânea, precisa-se colocar um pouco de lenha e aguardar o efeito na geração de calor, e o sistema fica então em *stand by*, aguardando por alguns minutos para que isso ocorra.

Após o tempo de bloqueio, caso a temperatura ainda não esteja nos parâmetros desejados, a esteira será novamente acionada e colocará mais lenha na fornalha. A utilização da alimentação com esteiras é bastante interessante pois diminui muito a necessidade de mão de obra, diminui riscos de acidente, propicia uma secagem mais uniforme e de melhor qualidade e isso permite que se faça uma certa automação do sistema, mesmo que não seja de forma ideal.

Esses sistemas de automação também controlam a carga e descarga do secador, comandado pelos controles de nível existentes no funil de carga, e ainda a abertura e fechamento dos registros de entrada de ar, para ajuste na temperatura.

9 CUIDADOS ESPECIAIS

Assim como qualquer tipo de equipamento, os secadores devem ser operados por pessoal treinado e capacitado para isto.

No Quadro 1 mostram-se os problemas mais comuns que ocorrem durante a operação dos secadores, quais suas causas prováveis e quais as medidas corretivas são sugeridas.

Quadro 1 – Situações anormais e de emergência em secadores.

PROBLEMA	CAUSA PROVÁVEL	AÇÃO CORRETIVA RECOMENDADA
Excesso de fagulhas	▪ Depressão elevada ▪ Rachaduras na fornalha ▪ Lenha de baixa qualidade	▪ Regular registros de ar. ▪ Verificar e corrigir rachaduras. ▪ Utilizar lenha adequada.
Excesso de fumaça	▪ Lenha muito úmida ▪ Pouco ar de queima ▪ Lenha muito grossa ou inadequada	▪ Trocar para lenha seca. ▪ Verificar pressões e registros de ar. ▪ Utilizar lenha mais fina ou trocar tipo de lenha
Secador não atinge a temperatura adequada	▪ Lenha de baixa qualidade ▪ Pressões fora do especificado ▪ Pouco ar de queima	▪ Utilizar lenha adequada. ▪ Regular registros de ar. ▪ Verificar pressões e registros de ar.
Baixa capacidade de secagem	▪ Temperatura muito baixa ▪ Vazão de ar muito baixa ▪ Vazão de descarga inadequada ▪ Produto muito úmido	▪ Alimentar fornalha com mais lenha, regular registros e pressões de ar. ▪ Regular registros e pressões de ar. ▪ Regular velocidade da descarga. ▪ Separar produto na recepção.
Umidade de saída dos grãos irregular	▪ Produto irregular na entrada ▪ Vazão de descarga irregular	▪ Separar produto na recepção. ▪ Regular a descarga.
Secador “puxando” grãos	▪ Desequilíbrio nas pressões e vazões de ar ▪ Frestas na torre	▪ Verificar pressões e registros de ar. ▪ Verificar torre e corrigir anomalias.
Temperatura do ar de saída muito elevada	▪ Falta de produto na torre ▪ Princípio de incêndio	▪ Completar carga do secador. ▪ Imediatamente interromper a secagem, desligar ventiladores, fechar cinzeiros, abrir portas de alimentação e chaminé e descarregar secador.
Grãos trincados ou com defeitos	▪ Temperatura do ar de secagem muito alta ▪ Desequilíbrio nas pressões e vazões de ar	▪ Diminuir abastecimento de lenha da fornalha. ▪ Verificar pressões e registros de ar.
Princípio de incêndio ou Incêndio	▪ Produto e/ou impurezas parados no interior da torre ▪ Excesso de fagulhas ▪ Falta de produto na torre ▪ Presença de impurezas no produto acima do recomendado ▪ Temperatura do ar de secagem muito alta ▪ Desequilíbrio nas pressões e vazões de ar	▪ Imediatamente interromper a secagem, desligar ventiladores, fechar cinzeiros, abrir portas de alimentação e chaminé e descarregar o secador. ▪ Após o secador esfriar, corrigir as causas do incêndio. ▪ Verificar pontos de acúmulo de produto e impurezas. ▪ Verificar rachaduras na fornalha e pressões de ar. ▪ Verificar controles de nível/cano ladrão. ▪ Verificar máquinas de limpeza, sua regulagem, furação de peneiras, entre outros e também impurezas no recebimento. ▪ Diminuir abastecimento de lenha da fornalha, regular pressões. ▪ Verificar pressões e registros de ar.

Fonte: Kepler Weber.

10 LIMPEZA DO SECADOR E FORNALHA

A limpeza adequada do secador ou de qualquer equipamento é de fundamental importância para o seu bom funcionamento, durabilidade e principalmente para a **segurança**.

A falta de uma limpeza adequada em secadores e fornalhas é um dos principais fatores de causa de INCÊNDIOS e ACIDENTES!

Portanto, em um secador de grãos a limpeza é algo que vai muito além, em importância, do que em qualquer outro equipamento.

Se, para os demais equipamentos de uma unidade de recebimento e armazenagem de grãos, a limpeza é um item de elevada relevância, nos secadores esse aspecto é crucial.

Problemas potenciais causados por sujeira, pó, impurezas, cinzas e outros

- redução da vida útil do equipamento;
- mal funcionamento do secador;
- contaminação do produto;
- mistura de produtos diferentes;
- má qualidade da secagem;
- diminuição da eficiência;
- diminuição da capacidade de secagem;
- aumento no consumo de energia (elétrica e térmica);
- **acidentes**;
- **incêndios**.

Frequência da limpeza

O conjunto secador e fornalha deve ser limpo a cada 100 h de trabalho, ou em intervalos menores caso exista muita impureza no produto sendo processado. Porém, alguns locais devem ser limpos **diariamente**.

Sempre que houver troca de produto, o equipamento deve sofrer uma limpeza geral.

Ao final da safra, **todos** os equipamentos devem ser limpos e verificados.

Locais a serem verificados e limpos diariamente

- Distribuidor de grãos e funil de entrada
- ventiladores e captação de pó;
- difusores de ar;
- túneis de ar quente;
- cinzeiros (embaixo das grelhas, e nas câmaras de passagem de ar da fornalha);
- funil de saída;
- transportador de retirada do produto embaixo do secador.

Figura 52 – Locais que devem ser limpos **diariamente**: indicação dos locais (a); funil de carga (b); parte interna dos difusores (c); ligação fornalha com secador (d, e, f).

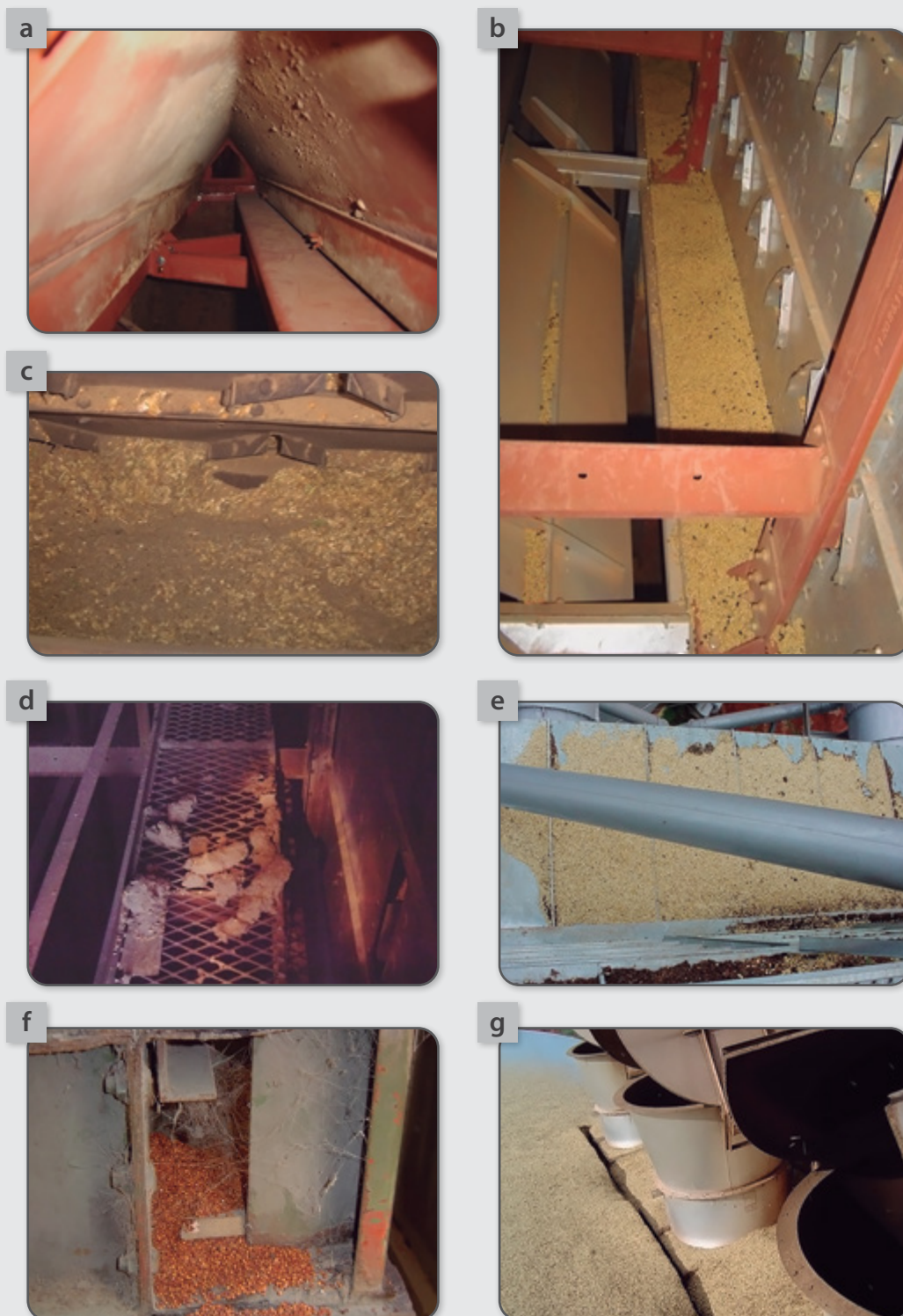


Fonte: Kepler Weber, 2013.

Locais a serem verificados e limpos periodicamente

- Descarga;
- torre de secagem e registros internos;
- plataformas e passadiços internos e externos;
- partes externas do secador.

Figura 53 – Locais que devem ser limpos **periodicamente**: parte interna da descarga (a); torre e registros internos (b); dutos (c); passadiços (d); partes externas dos difusores (e); parte externa da descarga (f); região dos ventiladores (g).



Fonte: Kepler Weber, 2013.

11 MANUTENÇÃO

Assim como qualquer outro equipamento de uma instalação de recebimento e armazenagem de grãos, os secadores necessitam de cuidados especiais e específicos quanto a sua manutenção.

A manutenção de todas as partes do secador é de extrema importância para o seu bom funcionamento. Uma manutenção adequada, utilizando peças originais de reposição e serviço autorizado do fabricante aumenta a vida útil das de qualquer equipamento.

Além disso, minimizam-se a probabilidade de ocorrerem “surpresas” desagradáveis durante os períodos em que o equipamento é mais solicitado que é durante a safra de grãos

É **imprescindível** que se realize a leitura do “Manual do Proprietário” fornecido pelo fabricante, antes de operar com o equipamento, e também que se sigam as orientações nele contidas com relação à manutenção.

Quando ocorrer a quebra de algum componente deve-se investigar e corrigir a **causa** da mesma, e não apenas consertar ou substituir o item danificado.

Cada cliente deverá estabelecer um sistema de manutenção adequado. Assim recomenda-se que os pontos aqui abordados sejam incluídos nesse sistema o que tornará a manutenção mais econômica e eficiente

A leitura do manual do Proprietário é de fundamental importância e deve ser realizada **antes** de colocar o equipamento em funcionamento.

Neste manual, além das recomendações quanto à operação, constam todas as informações necessárias para a manutenção do equipamento específico. Nele, também se encontram as especificações de lubrificação quanto ao tipo de óleo, graxa e a periodicidade em que eles devem ser verificados e trocados.

11.1 MANUTENÇÃO PREVENTIVA X MANUTENÇÃO CORRETIVA

Sempre se deve dar preferência para realizar a manutenção no equipamento **antes** que ocorra a quebra ou desgaste de alguma peça ou componente. A falta de uma manutenção **preventiva** adequada certamente provocará transtornos futuros, nas épocas em que uma parada inesperada do equipamento pode acarretar grandes **prejuízos**.

A manutenção **corretiva** deve ocorrer assim que se identificar qualquer anomalia no funcionamento, como, por exemplo, ruídos ou vibrações fora do normal, e nunca esperar pela sua quebra.

A quebra de um componente durante a operação poderá acarretar a quebra de outras peças do conjunto e agravar a situação

Em todo final de safra e também antes do início da próxima safra, deve-se fazer uma verificação geral no equipamento, buscando identificar pontos com desgaste ou passíveis de quebra. Além das verificações, deve-se fazer uma lubrificação de todos os pontos indicados no Manual do Proprietário.

11.2 PONTOS QUE DEVEM SER REVISADOS

No Quadro 2, encontram-se listados os principais pontos em um conjunto de secador de grãos e fornalha que devem ser verificados quando da manutenção **preventiva** e da verificação geral recomendada acima.

Quadro 2 – Pontos de verificação durante a manutenção preventiva.

COMPONENTE	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
Mancais de rolamentos (todos)	▪ Verificar estado geral dos rolamentos e caixas com relação a ruídos, folgas, vibrações, temperatura, trincas (nas caixas), entre outros. ▪ Realizar a troca caso algum componente apresente sinais de desgaste ou qualquer anomalia. ▪ Se estiver tudo OK, proceder à relubrificação do conjunto seguindo as orientações do Manual do Proprietário.
Borrachas e vedações	▪ Examinar o estado geral das borrachas, se não estão danificadas ou ressecadas. ▪ Proceder à substituição caso apresente qualquer anomalia.
Escadas e plataformas de manutenção	▪ Verificar se os guarda-corpos estão em bom estado, sem sinais de corrosão e com todos os parafusos de fixação devidamente apertados. ▪ Verificar se os pisos não apresentam desníveis ou “buracos” que podem causar sérios acidentes. ▪ Proceder às devidas correções caso apresente qualquer anomalia.
Coluna / dutos internos	▪ Verificar se os componentes internos da torre de secagem como as bandejas das colunas ou dutos não apresentam deformações, empenamentos ou desgaste excessivo. ▪ Verificar sinais de fogo ou incêndio. ▪ Verificar se as portas de acesso e de inspeção abrem normalmente e se ao serem fechadas, vedam de forma adequada. ▪ Verificar os registros de ar de mistura, se abrem e fecham normalmente e se quando fechados vedam a passagem de ar. ▪ Proceder à correção caso algum componente apresente qualquer anomalia.
Fornalha	▪ Verificar se os componentes internos como grelhas, isolamentos, tijolos, entre outros, não sofreram desgaste ou danos devido ao uso. ▪ Verificar se as portas de alimentação, cinzeiros, cobertura, alvenaria/chaparia externa e outros componentes estão em bom estado. ▪ Verificar os apoios inferiores das grelhas, suportes, tijolos, vigas, entre outros. ▪ Verificar se a chaminé está em bom estado e se o seu registro opera livremente. ▪ Verificar os registros de ar de mistura, se abrem e fecham normalmente e se quando fechados vedam a passagem de ar. ▪ Proceder à correção caso algum componente apresente qualquer anomalia.
Sensores / quadro de comando	▪ Verificar se os sensores de temperatura estão realizando a leitura. ▪ Verificar se todas as informações do quadro estão sendo mostradas. ▪ Verificar se os acionamentos respondem aos comandos do quadro. ▪ Proceder à correção caso algum componente apresente qualquer anomalia.



IMPORTANTE

Sempre antes de qualquer atividade interna em qualquer equipamento, desligar o mesmo e retirar os fusíveis do quadro de comando.

Também se deve avisar aos colegas e colocar cartazes no quadro de comando indicando que o equipamento não deve ser ligado em nenhuma hipótese. O ideal é colocar cadeados que impeçam que qualquer pessoa ligue o equipamento inadvertidamente.

Qualquer imprudência pode causar graves acidentes. Um acidente, por menor que seja, pode trazer sérias consequências para o resto da vida.

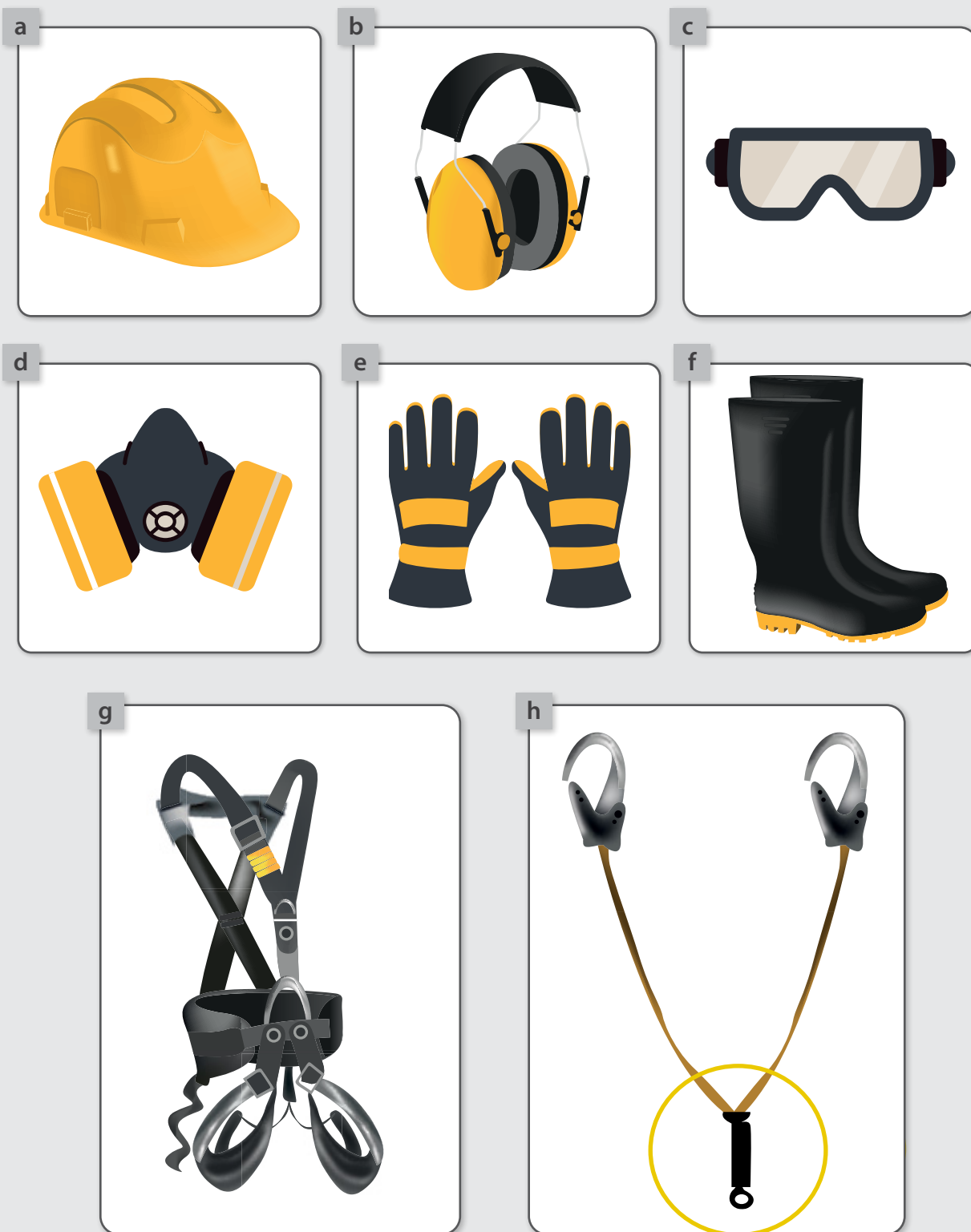
Nunca entre no equipamento em operação e, no caso de secadores e fornalhas, enquanto estes estiverem quentes.

Nunca realize qualquer trabalho sozinho.

Sempre utilize os EPIs indicados para o trabalho específico, como:

- cintos e trava-quedas para trabalhos em altura;
- botinas, luvas e óculos de segurança (em todos os trabalhos);
- capacete;
- máscaras para espaços confinados ou onde houver emissão de pó;
- protetores de ouvido para locais com ruído;
- protetores faciais de acordo com o tipo de trabalho;
- roupa adequada e demais proteções necessárias conforme o tipo de trabalho.

Figura 54 – EPIs recomendados para trabalhos em secadores de grãos: capacete (a), protetor auricular (b), óculos de segurança (c), respirador (d), luvas (e), botas de segurança (f), cinto de trabalho em altura (g) e talabarte (h).



Fonte: Kepler Weber, 2013.

13 CONCLUSÃO

Conforme colocado na introdução deste volume, espera-se que as informações aqui apresentadas sejam utilizadas na prática pelas pessoas atuantes nas unidades de recebimento e armazenagem de grãos.

Sugere-se que esta cartilha esteja sempre à mão, de fácil acesso para todos que estão envolvidos nos temas abordados, e que ela sirva como base para estabelecer procedimentos operacionais na operação, limpeza e manutenção do equipamento.

Sugere-se também que os quadros referentes às possíveis anomalias sejam consultados sempre que ocorrer algum tipo de problema, pois é provável que a maioria das não conformidades que possam ocorrer nos equipamentos estejam relacionadas neles, com as suas causas prováveis e soluções recomendadas.

Da mesma forma, entende-se que as “verificações iniciais” e os quadros onde constam os locais e componentes que devem ser limpos e revisados podem servir para confecção de um *check list*, a ser utilizado tanto para início de operação antes de cada safra, bem como para realizar as manutenções necessárias e manter um registro histórico dos equipamentos.

Salienta-se que os procedimentos relacionados à manutenção, limpeza e especialmente à **segurança** não devem se limitar aos aqui apresentados, sendo que cada empresa deverá buscar instruir e qualificar seu pessoal de forma a aprimorar todos os procedimentos, especialmente os relacionados à **segurança**.



REFERÊNCIAS

DIAGRAMA Psicrométrico do Ar. MSPC. Disponível em: <<http://www.mspc.eng.br/termo/termo0430.shtml>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

KEPLER WEBER. **Apostila Operação e Manutenção de Equipamentos KW**. Panambi, RS: Kepler Weber, 2013.

KEPLER WEBER. **Apostila Treinamento de Empreiteiros**. Panambi, RS: Kepler Weber, 2014.

KHATCHATOURIAN, O.; HEMING, F. L. B.; BORTOLAIA, L. ; VIELMO, H. B. . Modeling and simulation of continuous flow grain dryers. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA COBEM 2011, Natal-RN. ANAIS, 2011.

Princípios de secado de granos. FAO, s. d.

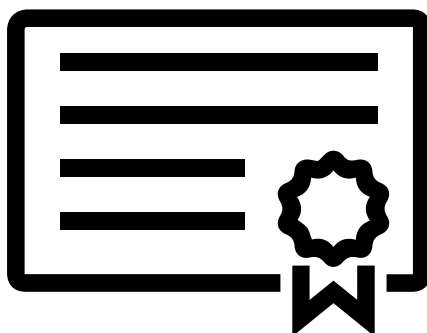
QUEIROZ, D. M. **Secagem de grãos em altas temperaturas**. Centreinar. Viçosa, 2002.

QUEIROZ, D. M.; PEREIRA, J. A. M. **Secagem de grãos em baixas temperaturas**. Centreinar. Viçosa, 1987. 49 p.

SILVA, Juarez de S.; GRAND, Adriana M. **Métodos de secagem**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

SILVA, Juarez de S.; LACERDA FILHO, A. F.; BERBERT, Pedro A. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: UFV, 2008.

CERTIFICADO DO CURSO



O certificado de conclusão é emitido, no mínimo, 30 dias após encerramento do curso, tempo necessário para o instrutor realizar a análise de desempenho de cada aluno, para que, posteriormente, a área de certificação do Sistema FAEP/SENAR-PR realize a emissão.

Você pode acompanhar a emissão de seu certificado em nosso site ***sistematicaep.org.br***, na seção Cursos SENAR-PR > Certificados ou no QRCode ao lado.



Consulte o catálogo de curso e a agenda de datas no sindicato rural mais próximo de você, em nosso site ***sistematicaep.org.br***, na seção Cursos ou no QRCode abaixo.



***Esperamos encontrar você novamente
nos cursos do SENAR-PR.***



KEPLERWEBER°

SISTEMA FAEP



Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
[sistema.faep](https://www.instagram.com/sistema.faep)



Linkedin
[sistema-faep](https://www.linkedin.com/company/sistema-faep)



Flickr
SistemaFAEP