

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

A Cultura do Arroz no Brasil

*2ª Edição
Revisada e ampliada*

Alberto Baêta dos Santos
Luís Fernando Stone
Noris Regina de Almeida Vieira
Editores Técnicos

*Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
2006*

Exemplares desta publicação devem ser solicitados à:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO
Fone: (62) 3533-2110
Fax: (62) 3533-2100
sac@cnpaf.embrapa.br
www@cnpaf.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)
Fone: (61) 3340-9999
Fax: (61) 3340-2753
CEP 70770-901 - Brasília, DF
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br

Supervisor Editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Revisor de Texto: *Noris Regina de Almeida Vieira*

Normalização Bibliográfica: *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

Tratamento das Ilustrações: *Sebastião José de Araújo e Fabiano Severino*

Editoração Eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (1999): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

A cultura do arroz no Brasil / editores, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. - 2. ed. rev. ampl. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 85-7437-030-4

1. Arroz - Produção. 2. Arroz - Tecnologia. 3. Arroz - Pesquisa. I. Santos, Alberto Baêta dos, *ed.* II. Stone, Luís Fernando, *ed.* III. Vieira, Noris Regina de Almeida, *ed.* IV. Embrapa Arroz e Feijão.

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Secagem e Beneficiamento de Sementes

Cláudio Bragantini

RESUMO - A secagem é uma operação de rotina na produção de sementes de arroz, que são normalmente colhidas com umidade superior àquela indicada para um armazenamento seguro. A secagem de sementes tem por objetivo reduzir a umidade até próximo de 13%, preservando assim sua qualidade fisiológica. O ar atmosférico é o agente secante mais utilizado nesse processo. A carta psicrométrica e o higrômetro são ferramentas indispensáveis durante a secagem, pois permitem o entendimento das propriedades do ar. A secagem da semente pode ser efetuada pelo método natural, em terreiros, ou artificialmente pelo uso de secadores estacionários, contínuos ou intermitentes. Além da secagem, a semente deve ser também beneficiada, com o objetivo de melhorar as características físicas do lote e assim facilitar o plantio. O beneficiamento compreende as seguintes fases: pré-limpeza, limpeza, classificação e ensaque. Em cada uma dessas fases são utilizadas máquinas específicas. Na pré-limpeza são utilizadas máquinas com ventiladores e peneiras que retiram do lote as impurezas bem maiores e bem menores que a semente. As duas máquinas mais importantes na limpeza e classificação são a máquina de ar e peneiras e a mesa densimétrica. No ensaque da semente podem ser utilizadas balanças ensacadoras automáticas ou manuais.

INTRODUÇÃO

A semente de arroz, ao chegar do campo à Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), principalmente após ser colhida mecanicamente, traz consigo grande número de impurezas: palha, restos de plantas, terra, pedras, sementes de plantas daninhas e de outras culturas, restos de insetos, etc. Estes materiais indesejáveis necessitam ser retirados da massa de sementes para que o produto atinja padrões de pureza que possibilitem sua utilização como semente. O beneficiamento é efetuado por uma série de máquinas e implementos, como veremos neste capítulo. Além das matérias estranhas, existe ainda um fator também indesejável que, muito embora não se apresente de forma visível na massa de semente, pode causar muitos problemas para o produtor: o excesso de umidade. O armazenamento de sementes de arroz com alto teor de umidade tem sido freqüentemente a causa da perda de qualidade. Por essa razão, a operação de secagem se reveste de fundamental importância para o produtor, que deve conhecer como secar e saber quais os níveis de umidade considerados seguros para que possa controlar ou eliminar perdas desnecessárias.



As operações de secagem e beneficiamento, embora sendo muito importantes e indispensáveis para a obtenção de sementes de alta qualidade, não asseguram, por si só, a qualidade do produto. A expressão máxima do potencial qualitativo de um lote de sementes é função direta das condições de produção no campo.

SECAGEM

A secagem é um procedimento muito comum na produção de semente de arroz, que é quase sempre colhida com alta umidade para evitar a sua exposição desnecessária às intempéries no campo. Quando a semente está ainda na planta e atinge o ponto de maior vigor durante o seu processo de formação (ponto de maturação fisiológica), ela encontra-se totalmente formada, mas ainda com alto teor de umidade e portanto deve permanecer ainda no campo por um determinado período até que atinja a maturação de colheita, ou seja, quando o teor de umidade dos grãos já atingiu níveis mais adequados para a colheita.

A secagem da semente é, muitas vezes, confundida com a secagem do produto para consumo, que também é colhido com alta umidade para aumentar o seu rendimento industrial (Andales, 1983). Contudo, tanto os equipamentos utilizados na secagem como as temperaturas de secagem são diferenciadas conforme o uso que se dará ao produto. A temperatura é uma variável extremamente importante na secagem tanto da semente quanto do grão. Quando se seca sementes a temperaturas altas, principalmente quando a umidade da semente ainda está muito alta, pode-se causar perdas na qualidade fisiológica. Altas temperaturas de secagem também causam perdas na qualidade de beneficiamento do arroz, causando fissuras no interior dos grãos com um aumento na porcentagem de grãos quebrados durante o processamento (Thompson, 2003).

Outro fator a ser considerado é que, em regiões de clima úmido, mesmo as sementes já secas e armazenadas são capazes de reabsorver umidade da atmosfera ao ponto de comprometer a sua qualidade. Torna-se, portanto, necessário conhecer os níveis de umidade ideais para o armazenamento da semente, como secar, se necessário, e ainda como armazenar com segurança. Neste capítulo, a secagem da semente de arroz será abordada enfatizando o ponto de vista do tecnólogo de semente, interessado na manutenção da qualidade fisiológica da semente, expressa pela sua germinação e vigor.



Objetivos

A secagem tem por objetivo desidratar a semente até um nível de umidade suficientemente baixo para que seu metabolismo seja reduzido ao mínimo. Nessas condições, a semente mantém-se viva por períodos mais longos, com poucas perdas na qualidade fisiológica. Ao mesmo tempo, a baixa umidade diminui a proliferação de bactérias, fungos e insetos (Welch & Delouche, 1967). A secagem da semente é também necessária para facilitar as operações subseqüentes de beneficiamento. Sempre que for colhida com umidade superior a 13%, a secagem imediata torna-se uma necessidade.

Uma vez reconhecida a influência da umidade na longevidade da semente, é preciso entender os fatores que controlam a absorção ou a perda de água por esse organismo vivo. Sendo a semente um material higroscópico, o movimento de água para dentro ou fora dela é influenciado pelas propriedades do ar ao seu redor.

Propriedades do ar

Em qualquer processo de secagem, existe a transferência de umidade do material que está sendo submetido à secagem para o outro que está absorvendo a umidade. Na secagem de semente, o ar é o agente secante mais utilizado por diversas razões: ele é abundante na natureza; envolve cada semente no interior da massa de grãos; pode ser forçado no interior da massa de grãos, através de um ventilador; quando aquecido, suas propriedades são alteradas, aumentando a sua capacidade de reter umidade (Campbell, 1969). O ar utilizado na secagem da semente tem duas funções principais: 1) leva calor para evaporar a água da semente; e 2) é o meio pelo qual o vapor d'água que se encontra ao redor da semente pode ser removido, permitindo que mais umidade evapore da semente (Matthes & Rushing, 1972).

O ar atmosférico é composto por uma mistura de gases, impurezas sólidas e microorganismos. Possui também uma certa porcentagem de vapor d'água que a todo o momento está sendo trocado com outros elementos, vivos ou não, existentes na atmosfera. O teor de umidade pelo qual a semente entra em equilíbrio num determinado ambiente depende de diversas propriedades do ar que se encontra ao redor dela. Algumas dessas propriedades são descritas a seguir.



Pressão de vapor

O movimento da umidade do ar para o interior da semente, e vice versa, é controlado pela pressão de vapor. Quando ocorre a evaporação, moléculas de água escapam da superfície da semente e alojam-se no ar ao seu redor. Essas moléculas de água, na forma de vapor, exercem uma pressão chamada pressão de vapor. Quanto mais água é evaporada, maior é a pressão de vapor, até o ponto de tornar-se constante. Desse ponto em diante, qualquer evaporação que ocorra é equilibrada com o retorno de igual quantidade de vapor d'água para a forma líquida. A pressão de vapor é então chamada de pressão de saturação, para aquela determinada temperatura. Portanto, é a força motriz que leva a umidade a mover-se de um local de alta umidade para outro de baixa umidade (Henderson & Perry, 1982).

Umidade relativa

A umidade relativa do ar é outra propriedade importante usada para expressar a umidade existente no ar atmosférico. É definida como a relação entre a massa do vapor d'água contido em 1 kg de ar seco e a massa máxima de vapor d'água que este ar pode conter, no seu ponto de saturação, a uma determinada temperatura. O ar é considerado saturado quando está retendo o máximo de vapor d'água possível. Além desse ponto, nenhuma umidade pode ser absorvida pelo ar sem que ocorra a condensação. O conhecimento da umidade relativa é muito útil no processo de secagem, pois mostra as condições do ar naquele determinado momento. Se a umidade relativa for alta, o ar, conseqüentemente, estará úmido e a adição de qualquer pequena quantidade de umidade fará com que ele atinja seu ponto de saturação. Se, por outro lado, a umidade relativa for baixa, o ar poderá absorver bastante umidade antes de atingir a saturação, facilitando o processo de secagem (Welch & Delouche, 1967).

Para o processo de secagem, devemos considerar que a umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água que o ar retém e a quantidade que ele reteria naquela mesma temperatura, se estivesse totalmente saturado. A umidade relativa do ar é expressa em porcentagem.

Ponto de condensação

A quantidade máxima de vapor d'água que o ar pode conter varia muito conforme a temperatura. Aumentando a temperatura do ar, aumenta também sua capacidade de absorção de umidade. Se a temperatura do ar aumenta mantendo a mesma quantidade de vapor d'água, a umidade



relativa do ar diminui, aumentando a sua capacidade de secagem. O ponto de condensação é a temperatura na qual o ar se satura, sendo a umidade relativa, nesse momento, de 100%. Essa propriedade do ar é muito importante no processo de secagem da semente.

O ponto de condensação do ar é especialmente importante no processo de secagem de sementes com ar natural. Em regiões frias, a camada superior da massa de semente, armazenada em silos circulares de fundo falso, pode estar com uma temperatura suficientemente fria para que a umidade retirada das sementes das camadas inferiores condense sobre as sementes da parte superior do silo (Aguirre & Peske, 1992).

Relação entre as propriedades do ar

A umidade relativa do ar e a temperatura, são os fatores mais importantes para determinar a capacidade e o tempo de secagem. Por exemplo, a uma umidade relativa de 70%, o ar com 26°C é capaz de absorver três vezes mais água que a 10°C (Welch & Delouche, 1967). Por essa razão, a secagem da semente acontece elevando-se a temperatura do ar, mesmo quando a umidade relativa estiver alta.

Para facilitar o entendimento da inter-relação dos fatores que afetam as propriedades do ar, foi desenvolvida a carta psicrométrica (Fig. 21.1), que é um conjunto de gráficos em que são mostradas as propriedades do ar e suas relações dentro de determinadas condições climáticas. Ela simplifica a medida das propriedades do ar e elimina uma série de cálculos necessários ao processo de secagem (Beck, 1970).

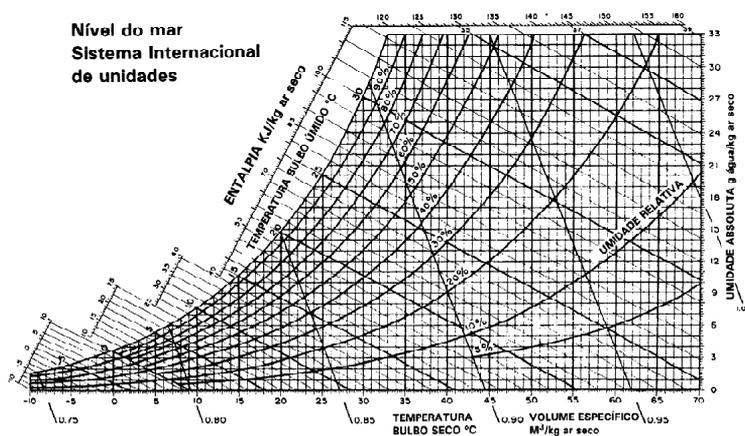


Fig. 21.1. Carta psicrométrica.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).



Para medir uma das mais importantes propriedades do ar, a umidade relativa, utiliza-se, com frequência, um instrumento chamado higrômetro, conforme ilustrado na Fig. 21.2 (Beck, 1970). Os modelos mais simples encontrados no mercado são compostos de dois termômetros, montados num suporte. Um dos termômetros tem o bulbo coberto com um tecido, mantido sempre úmido. Com a movimentação contínua dos dois termômetros, através de movimentos circulares contra o ar atmosférico, a água presente no tecido úmido que envolve o bulbo de um dos termômetros começa a evaporar e, com isso, rouba calor do bulbo, fazendo com que a temperatura medida por este termômetro seja menor que a temperatura do termômetro com bulbo seco. Quanto mais seco estiver o ar atmosférico, mais água é evaporada pelo tecido e, conseqüentemente, maior será a diferença de temperatura entre os dois termômetros. Ambas as medições, quando levadas à carta psicrométrica, permitem verificar, entre outras propriedades, a umidade relativa do ar naquele ambiente. Se a umidade do ar estiver muito alta, próxima a 100%, a evaporação no bulbo úmido será mínima e as leituras dos dois termômetros serão muito aproximadas.

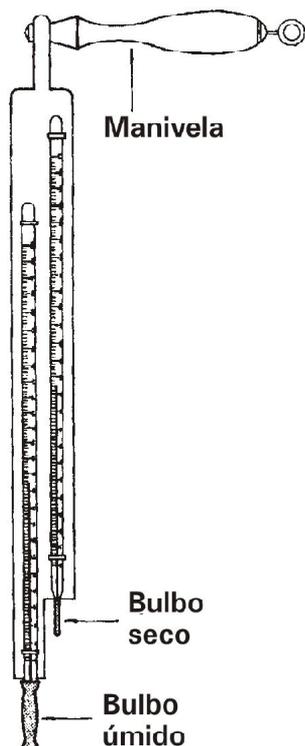


Fig. 21.2. Psicrômetro portátil.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).



Para facilitar a utilização, alguns desses higrômetros já possuem escalas, uma para cada temperatura, as quais, colocadas lado a lado e fazendo coincidir as duas temperaturas, permitem verificar a umidade relativa do ar diretamente no aparelho, sem a necessidade de utilizar a carta psicrométrica.

Umidade da semente

Para que ocorra a secagem das sementes, é preciso considerar a interação entre as propriedades do ar e as da semente. É necessário o conhecimento dessas características e dos métodos de medição para a compreensão do processo como um todo e assim lograr uma secagem eficiente, que preserve a qualidade fisiológica da semente. Sabemos que a semente é higroscópica, ou seja, absorve ou perde umidade para o ambiente, conforme as condições de temperatura e umidade do ar ao seu redor.

A água presente na semente pode ser encontrada sob três situações:

Água de constituição: essa água está unida quimicamente à semente e, portanto, encontra-se fortemente aderida. Essa porção de água não é retirada da semente no processo de secagem.

Água adsorvida: é atraída para a superfície da semente por interação de várias forças de atração entre as moléculas de água e as substâncias da semente.

Água livre: é aquela porção da umidade da semente retida nos espaços intercelulares ou outros poros que a semente possa ter. Essa é a porção de água mais facilmente retirada da semente durante o processo de secagem.

A água absorvida que se encontra no interior da semente é considerada “livre” pois é fracamente retida por forças de capilaridade. Ela funciona como solvente e é facilmente removida durante a secagem. Por sua vez, a água de constituição é fortemente retida na semente, não funciona como solvente e não é medida pelos equipamentos que funcionam através da condutividade elétrica.

O equilíbrio higroscópico da semente, para uma determinada condição ambiental, varia principalmente com a sua composição química. Na Tabela 21.1 encontra-se a umidade de equilíbrio da semente de arroz exposta a diferentes condições de umidade e temperatura do ar ambiente (Aguirre & Peske, 1992).



Tabela 21.1. Umidade de equilíbrio da semente de arroz em diferentes condições de temperatura e umidade do ar.

U.R.(%)	Temperatura (°C)							
	5	10	15	20	25	30	35	40
5	3.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7
10	5.1	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.6	4.5
15	6.7	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	5.8
20	7.9	7.8	7.6	7.4	7.3	7.1	7.0	6.9
25	8.9	8.7	8.5	8.3	8.2	8.0	7.8	7.7
30	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7	8.5	8.4
35	10.4	10.2	9.9	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9
40	11.0	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5
45	11.5	11.3	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0
50	12.0	11.8	11.5	11.3	11.1	10.9	10.6	10.4
55	12.5	12.3	12.0	11.8	11.6	11.4	11.1	10.9
60	13.1	12.8	12.6	12.3	12.1	11.9	11.6	11.4
65	13.7	13.4	13.2	12.9	12.7	12.4	12.2	12.0
70	14.4	14.1	13.8	13.6	13.3	13.1	12.8	12.6
75	15.2	14.9	14.6	14.4	14.1	13.8	13.6	13.3
80	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0	14.7	14.5	14.2
85	17.4	17.1	16.7	16.4	16.1	15.8	15.5	15.2
90	18.8	18.4	18.0	17.7	17.4	17.0	16.7	16.4
95	20.3	19.9	19.5	19.2	18.8	18.4	18.0	17.7

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Mecanismos da secagem

O arroz ganha e perde umidade de acordo com o teor de umidade e a umidade relativa do ar ao seu redor. Se a umidade relativa do ar é baixa, o arroz com um teor de umidade alto irá perder umidade até que atinja uma umidade baixa e constante e encontre um equilíbrio com o ambiente. Se a umidade relativa do ar é alta, as sementes de arroz com baixa umidade irão ganhar umidade. Essa relação entre a umidade do arroz e a umidade relativa do ar é afetada pela temperatura, como pode ser visto na Fig. 21.3.



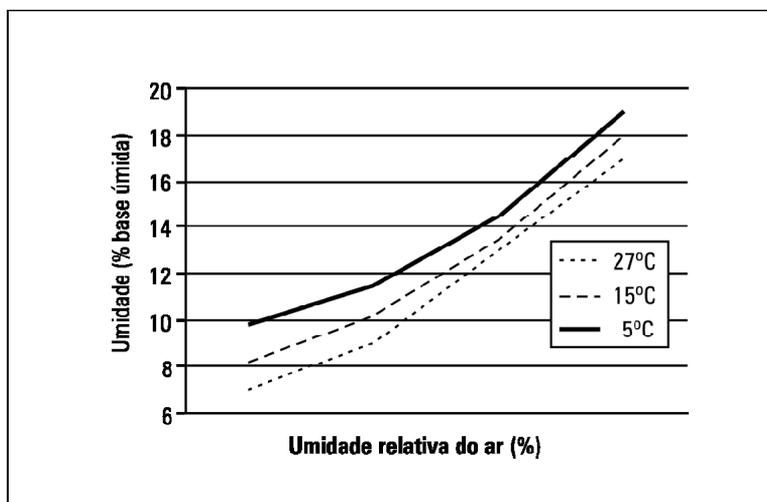


Fig. 21.3 Umidade de equilíbrio para arroz em casca.

A longevidade da semente armazenada está relacionada diretamente com o seu teor de umidade. Antes da colheita, quando a umidade ainda é alta e as sementes estão ligadas à planta-mãe, elas estão dispersas e a troca de umidade com o meio ambiente é favorecida. Nessas condições, e na ausência de chuva, a semente perde umidade na busca de encontrar o equilíbrio com o ambiente. Após a colheita, as sementes são ensacadas ou amontoadas em silos, formando uma massa compacta, restringindo a movimentação do ar e dificultando a troca de umidade com o ambiente. Quando a umidade da semente é alta no momento da colheita, a situação pode ser agravada com o aumento da temperatura na massa de grãos, em função da atividade respiratória das sementes e dos microrganismos presentes, afetando negativamente a conservação do produto armazenado. Por essa razão, a partir do momento que se inicia a colheita, deve-se ter em mente as condições de umidade da semente para tomar a decisão adequada sobre as operações seguintes.

De acordo com o teor de umidade, a semente comporta-se de forma distinta durante o armazenamento (Araullo et al., 1976; Carvalho & Nakagawa, 1983). Se o teor de umidade for superior a 45-60%, a semente começa o processo germinativo. Abaixo desse nível, até um mínimo em torno de 18 - 20%, o processo respiratório das sementes, microrganismos e insetos é elevado, podendo provocar o aquecimento da massa de sementes, se a aeração for deficiente ou inexistente. Condições de alta umidade e de alta temperatura favorecem o processo de deterioração, podendo comprometer a viabilidade das sementes.



Em umidades entre 14 e 20% ainda pode ocorrer o desenvolvimento de microrganismos, tanto interna como externamente. Além disso, o processo respiratório das sementes ainda está bastante ativo contribuindo para uma perda rápida do vigor e da germinação. Ao reduzir a umidade para 8-9%, a atividade de insetos diminui ou torna-se nula (Harrington, 1972; Carvalho & Nakagawa, 1983). No Capítulo 14 deste livro são descritas as principais pragas do armazenamento do arroz e indicados os métodos de controle.

Quando for necessário guardar as sementes por longos períodos em embalagens herméticas, o seu teor de umidade deve estar entre 4 e 8%.

Determinação do teor de umidade

Quando se inicia o processo de secagem de sementes, freqüentemente ocorrem alguns questionamentos sobre o tempo de secagem, a temperatura a utilizar ou a quantidade adequada de semente no silo secador. A resposta para essas questões só pode ser dada com base, principalmente, na quantidade de água que a semente contém. O teor de umidade está estreitamente associado com a manutenção da qualidade fisiológica da semente, sendo muito importante determinar este parâmetro com precisão.

O teor de umidade é normalmente expresso com base no peso úmido (base úmida), sendo calculado através pela seguinte fórmula:

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 = \%$$

Onde: M_1 = Massa da amostra úmida

M_2 = Massa da amostra seca

Por exemplo:

Massa da amostra original: 200 g

Massa da mesma amostra depois de seca: 150 g

$$\frac{200 - 150}{200} \times 100 = 25\%$$



O teor de umidade de sementes e grãos pode também ser expresso tendo como base a massa da matéria seca, calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 = \%$$

Utilizando os mesmos valores do exemplo anterior, constata-se que o valor obtido para o teor de umidade, quando calculado em base seca, é bastante diferente:

$$\frac{200 - 150}{150} \times 100 = 33,3\%$$

Como regra geral, sempre que se tratar de sementes e não for mencionado o contrário, considera-se que o teor de umidade tenha sido calculado com base na massa da amostra úmida.

Os métodos de determinação de umidade que envolvem a remoção da água da semente são considerados básicos ou diretos, e são os mais precisos. A seguir, são descritos, sucintamente, alguns desses métodos.

Secagem sem calor: as amostras são secadas a vácuo, com temperatura baixa, usando algum produto químico como agente dessecante.

Liofilização: as sementes são congeladas e a água é removida através da sublimação, a vácuo.

Os métodos acima requerem muito tempo, equipamentos mais sofisticados e maior habilidade do laboratorista, não sendo, portanto, muito utilizados. Existem outros métodos básicos, ou diretos, que são utilizados constantemente pela indústria sementeira:

Método da estufa: esse método está descrito nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). A estufa é aquecida através de resistência elétrica e o ar, no seu interior, é mantido sob pressão atmosférica. A circulação do ar pode se dar por convecção, ou ar forçado. A perda de água durante a secagem é calculada em porcentagem, através da diferença de massa antes e depois da secagem da amostra. A temperatura utilizada é 105°C e as amostras são mantidas na estufa por 24 horas. Quando é necessário conhecer rapidamente o



teor de umidade da semente, pode utilizar-se a temperatura de 130°C por duas horas. O método da estufa é considerado padrão pelos laboratórios de sementes e é muito utilizado para aferir outras formas de determinação do teor de umidade.

Método "Brown Duvel": nesse método, a amostra de semente é pesada e aquecida em óleo até à temperatura de 180°C. A água evaporada da semente é condensada e coletada num cilindro graduado onde é feita a leitura do teor de umidade. É um método simples, barato e preciso, principalmente porque o equipamento pode ser facilmente construído em laboratório. Detalhes de construção e utilização são apresentados por Aguirre & Peske (1992).

Os métodos indiretos medem alguma característica química ou física da semente. Essas medições são calibradas mediante a comparação com a umidade medida por algum método direto. Os instrumentos mais comuns, que fazem a medição da umidade pelo método indireto, utilizam-se das propriedades de condutividade elétrica da semente. Atualmente são muito utilizados pela rapidez, facilidade de operação e precisão que oferecem.

A precisão na leitura feita por esses tipos de equipamento depende da uniformidade de distribuição da umidade no interior da semente, pois a medição geralmente é feita com base na condutividade elétrica da superfície da semente. Por essa razão, ao medir o teor de umidade durante o processo de secagem, recomenda-se esperar que a umidade da semente se uniformize, antes de utilizar tais equipamentos, evitando, assim, erros de leitura, uma vez que nas sementes recém-saídas do secador, a superfície estará mais seca que seu interior.

Não existe um método único de medição de umidade que atenda a todas as necessidades da indústria de sementes. De acordo com cada finalidade, muitos fatores devem ser considerados: precisão da leitura; tempo disponível para completar o teste; facilidade de operação e treinamento técnico requerido; destruição da amostra; facilidade de manuseio e transporte do equipamento; tamanho da amostra; custo do equipamento.

O método da estufa é o mais recomendável, quando não se necessita resultado imediato e se deseja maior precisão. Quando a situação requer resultados rápidos, monitoramento da colheita e secagem, por exemplo, os equipamentos que se valem da condutividade elétrica são muito utilizados.



Considerações sobre a necessidade de secagem

O teor de umidade da semente, no momento da colheita, é fator preponderante na tomada de decisão do produtor sobre os procedimentos subseqüentes à colheita.

Umidade até 13%: a semente pode ser armazenada diretamente, sem necessidade de secagem.

Umidade entre 13 e 16%: se a umidade relativa do ar for baixa, a semente pode simplesmente ser ventilada dentro do secador, com ar natural, sem aquecimento.

Umidade acima de 17%: deve-se iniciar o processo de secagem, elevando a temperatura do ar, para evitar que o tempo de secagem se prolongue demasiadamente, causando danos à semente. A secagem com calor é mais indicada quando as condições atmosféricas forem adversas.

Para melhor ilustrar esta interação entre a umidade da semente, a umidade relativa e a temperatura do ar, e melhor orientar o produtor de sementes na tomada de decisão quanto ao tipo de secagem a ser utilizado, considerar-se-á uma situação hipotética que ocorre com muita frequência em uma UBS: se um lote de sementes de arroz der entrada na UBS com umidade de 16%, deve ser secado a 13%. Supondo que a umidade relativa do ar no local seja de 75% e a temperatura de 20°C, verifica-se que, nessas condições, a semente de arroz entrará em equilíbrio com o ambiente a um teor de umidade de 14,4%. Portanto, se esta situação atmosférica persistir, para que a semente atinja 13% será necessário modificar alguma propriedade do ar. Ao aumentar a temperatura do ar para 40°C, observar-se-á que a umidade da semente poderá chegar bem próximo a 13%, teor de umidade considerado seguro para o armazenamento (Tabela 21.1). Se, contudo, as condições atmosféricas na UBS forem favoráveis como, por exemplo, umidade relativa do ar em torno de 50% e temperatura de 25°C, verifica-se que o equilíbrio higroscópico da semente é atingido aos 11,1% de umidade, podendo ser secada, neste caso, somente insuflando ar na massa de grãos, sem necessidade de aquecimento.

Outro aspecto importante a ser considerado no processo de secagem refere-se à perda de massa que ocorre no lote de sementes após a perda de umidade. A semente de arroz com 18% de umidade possui uma massa volumétrica de 615 kg m⁻³. Com uma umidade de 12%, este valor cai para 586 kg m⁻³ (Aguirre & Peske, 1992). A perda de massa, devido à secagem, pode ser estimada através da escala apresentada na Fig. 21.4.



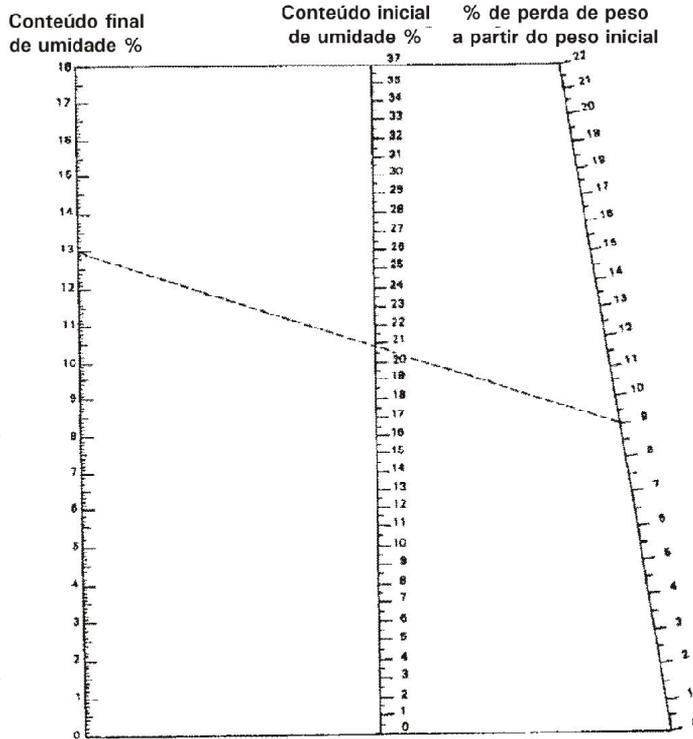


Fig. 21.4. Escala para analisar perda de massa do grão após secagem.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Princípios da secagem

A semente de arroz ganha ou perde umidade de acordo com o seu teor de umidade e a umidade relativa do ar (UR) ao seu redor. Quando a UR está baixa, sementes de arroz com alta umidade perdem umidade para o ambiente até atingir um nível de umidade constante, em equilíbrio com aquelas condições. Se a UR é alta sementes de arroz com umidade baixa irão absorver umidade do ambiente. Essa relação é afetada também pela temperatura. Outra forma de descrever essa relação é, quando o arroz é exposto a uma temperatura e umidade relativa do ar constantes ele atingirá um umidade de equilíbrio (UEQ) que corresponde àquela UR e temperatura. Da mesma forma, se a semente de arroz é colocada em embalagem hermética, o ar dentro dessa embalagem irá ganhar ou perder umidade até atingir a umidade relativa de equilíbrio (URE) correspondente à umidade do arroz e à temperatura. A semente de arroz é geralmente armazenada com umidade entre 12,5 e 14%, quando a sua embalagem não é hermética. Quando a umidade da semente é superior a 14%, torna-se necessário proceder a secagem.



A secagem de um material higroscópico, como a semente, sempre ocorre em duas etapas: a primeira refere-se à transferência da umidade da superfície das sementes para o ar ao seu redor; a segunda, à transferência da umidade do interior da semente para a superfície (Campbell, 1969; Carvalho & Nakagawa, 1983). Se a semente estiver bastante úmida (acima de 40%), poderá haver a presença de água livre na sua superfície. Durante o período inicial de secagem, ocorre primeiramente a evaporação da água superficial, numa velocidade constante. Para a continuidade do processo de secagem é necessário que ocorra a migração da água do interior da semente para a sua superfície. Com a redução do teor de umidade da semente, a remoção da água torna-se mais difícil, e a velocidade de secagem diminui. A movimentação da umidade depende da diferença de pressão de vapor entre a superfície da semente e a do ar ao seu redor. Isso significa que, quanto mais seco o ar ambiente, mais rápida será a secagem.

Se o ar ao redor da semente não estiver em movimento, absorverá a umidade liberada pela superfície da semente e a diferença de pressão de vapor rapidamente desaparecerá, paralisando o processo de secagem. Para que o processo continue, é preciso haver movimento do ar, de modo que o ar saturado de umidade seja continuamente substituído por ar mais seco.

Outra forma de aumentar a diferença da pressão de vapor consiste no aquecimento do ar que está sendo forçado através da massa de semente. Quanto mais quente o ar, mais vapor d'água ele pode conter, aumentando a sua capacidade de secagem.

Embora o aumento da temperatura do ar reduza a sua umidade relativa e proporcione uma secagem mais rápida, existe o perigo de danificar a semente com o uso de temperaturas muito elevadas. Quanto mais alta for a umidade da semente, mais ela será suscetível a esse tipo de dano. De maneira geral, a seguinte relação deve ser seguida (Gregg & Coates, 1960):

Umidade da semente	Temperatura de secagem
Acima de 18%	34°C
Entre 10 - 18%	40°C
Abaixo de 10%	45°C

A transferência de umidade da semente para o ar ambiente é função da temperatura da semente, sua composição química, estrutura física e permeabilidade do tegumento. Devido a essas características



na semente de arroz, o processo de uniformização da umidade através da migração da água do interior para a superfície da semente é bastante lento. Por essa razão, a secagem do arroz é comumente feita em diversas etapas, para possibilitar a redistribuição uniforme da umidade (Aguirre & Peske, 1992). Entre um período e outro em que o ar é forçado através da massa, a semente é mantida em repouso num silo ou numa câmara do próprio secador, por um certo tempo, até que a umidade do seu interior migre para a superfície e possa ser retirada na etapa seguinte.

Velocidade de secagem

A velocidade de secagem depende do grau de saturação do ar na superfície da semente, da umidade relativa do ar e da temperatura do ar ambiente.

Durante a secagem, a temperatura da massa de semente não deve ultrapassar 45°C. Essa temperatura limite é controlada pela temperatura do ar que é insuflado na massa. No início do processo de secagem, quando o teor de umidade da semente ainda é alto, esta é muito mais sensível a elevações de temperatura. Por essa razão, é comum iniciar o processo de secagem sem aquecimento do ar. Essa operação, conhecida como aeração, é muito eficaz no início do processo de secagem.

Quanto mais baixo o teor de umidade da semente, melhor ela suportará os aumentos da temperatura de secagem, sem prejuízos a sua qualidade fisiológica. Entretanto, o calor excessivo (acima de 60°C) pode causar perdas de germinação e vigor na semente. Por outro lado, a secagem muito lenta pode também ser prejudicial à qualidade fisiológica, pois a taxa respiratória da semente úmida é muito alta. Além disso, a secagem muito demorada pode favorecer o desenvolvimento de fungos que encontram condições ideais de proliferação sob condições de alta umidade e temperatura. Com base nesses fatos, é importante o ajuste do tempo de secagem da semente para que se atinja o máximo de eficiência no processo, sem perdas significativas para a qualidade do produto. Como regra geral, considera-se que, quando a umidade da semente estiver acima de 16%, deve ser reduzida, no menor tempo possível, até este nível. Após este período crítico, e até atingir 13% de umidade, a secagem pode ocorrer mais lentamente sem grandes riscos de danos à semente.

Métodos de secagem

De maneira geral, a semente de arroz deve ser armazenada com teor de umidade máximo de 13% para prolongar sua capacidade de



conservação, sem grandes perdas no poder germinativo e vigor. A secagem pode ser natural ou artificial.

Secagem natural

Esse processo consiste em utilizar o calor do sol e o vento, sendo bastante utilizado por pequenos produtores que manipulam pequenas quantidades de semente. A semente recém-colhida é espalhada sobre um piso de cimento, asfalto, lona plástica, etc. A camada de semente não deve ultrapassar 10 cm de espessura, preferencialmente apresentando uma superfície ondulada, para aumentar a área de exposição (Vandevenne, 1984). As sementes devem ser revolvidas, periodicamente, em espaços de 30 minutos, para facilitar e uniformizar a secagem. As principais dificuldades desse sistema de secagem estão relacionadas à dependência das condições climáticas e da mão-de-obra necessária à manipulação da semente.

Secagem artificial

Na secagem artificial é possível controlar a temperatura e a velocidade do ar, facilitando a secagem da semente. Para isso, é preciso dispor de equipamentos (secadores) especialmente projetados para esse fim.

Para determinar a possibilidade da secagem da semente com ar natural em um secador, é preciso verificar a temperatura e a umidade relativa do ar e considerar a umidade de equilíbrio da semente de arroz (Tabela 21.1).

De acordo com o fluxo da semente em seu interior, os secadores são classificados em três tipos: **estacionários**, **contínuos** e **intermitentes** (Aguirre & Peske, 1992).

Secador estacionário

Esse é o tipo de secador ideal para sementes, principalmente para as espécies mais susceptíveis a danos mecânicos. São assim denominados porque as sementes, no seu interior, não se movimentam durante a secagem. Somente o ar ao seu redor é renovado, carregando consigo a umidade liberada pela semente. O modelo mais comum de secador estacionário é o de fundo falso (Fig. 21.5).



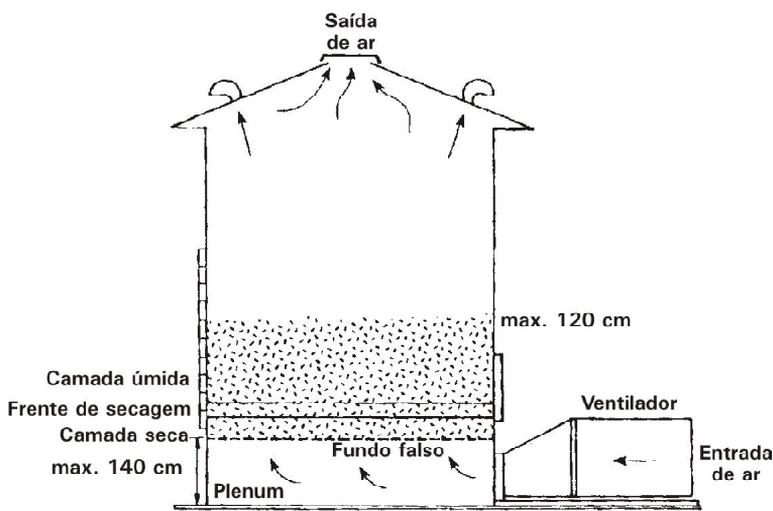


Fig. 21.5. Secador estacionário de fundo falso.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Dentro dos secadores estacionários o arroz pode ser secado somente com ar na temperatura ambiente. A secagem se dá em camadas, com a formação de uma frente de secagem que se move lentamente da base para o topo da massa de grãos. Conforme o ar passa pela semente úmida, carrega consigo a umidade liberada pelos grãos, fato que aumenta a umidade relativa e resfria o ar. Quando o ar atinge uma certa umidade relativa, que varia conforme a umidade e a temperatura do arroz, ele atinge a umidade de equilíbrio e o processo de secagem é interrompido. Nesse ponto, o arroz abaixo da frente de secagem está com a temperatura e umidade em equilíbrio com o ar que está sendo insuflado. O processo de secagem termina quando a frente de secagem atinge o topo da massa de grãos dentro do silo.

Quando a umidade do ar atmosférico e a umidade da semente são altas torna-se necessário aumentar a velocidade de secagem, que pode ser obtida: 1) aumentando o fluxo de ar; 2) aumentando a temperatura do ar; 3) baixando a umidade relativa do ar insuflado. Pequenos aumentos no fluxo de ar diminuem significativamente o tempo de secagem quando a quantidade de ar insuflado é baixa (Fig. 21.6). Entretanto, quando já se está secando com um fluxo de ar alto, aumento no volume de ar insuflado causa somente pequenos decréscimos no tempo de secagem.



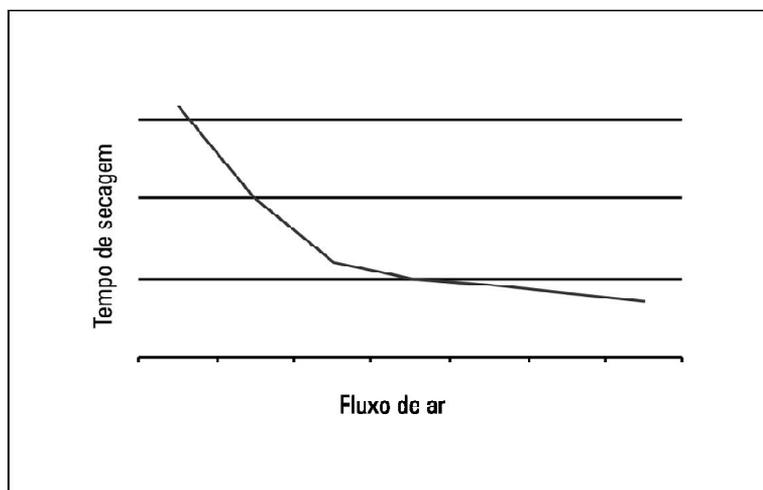


Fig. 21.6. Efeito do fluxo de ar no tempo de secagem do arroz com ar natural.

Fonte: Adaptada de Thompson (2003).

Para se aproveitar ao máximo a capacidade de secagem com secadores estacionários, deve-se concentrar a secagem durante os períodos de temperatura mais alta e umidade relativa mais baixa.

Conforme mencionado anteriormente, pode-se diminuir o tempo de secagem em silos secadores aquecendo o ar insuflado. Entretanto, essa prática pode colocar em risco a qualidade da semente localizada na parte mais alta do silo, pois ela pode ficar exposta à umidades muito altas e até à condensação, caso o fluxo de ar não seja também aumentado.

A umidade do ar pode ser controlada separadamente da temperatura do ar, utilizando-se sistemas especiais com desumidificadores. Alguns desses sistemas insuflam ar a uma determinada umidade relativa e temperatura dentro de condições controladas de armazenamento. Esses sistemas geralmente são caros para instalar e operar.

O aumento do fluxo de ar durante a secagem pode ser conseguido diminuindo a altura da massa de semente dentro do silo, instalando um segundo ventilador ou, ainda, instalando um sistema de aletas que movimentam um pouco a semente durante a secagem.

Os secadores estacionários, quando comparados com outros tipos, são geralmente mais lentos, necessitando mais tempo para



secar a mesma quantidade de semente. Essa desvantagem é compensada pelo menor risco de dano mecânico à semente e pela maior facilidade de limpeza, preservando a qualidade fisiológica e a pureza varietal do lote. A secagem de arroz em secadores estacionários não interfere na qualidade da semente e, quando utilizado ar ambiente, apresentam menos fissuras que as secadas em secador intermitente (Rangel et al., 1997). A título de ilustração, esses estudos determinaram que o fluxo de ar de $1 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1} \text{ t}^{-1}$ é suficiente para secar uma camada de até 5 metros de altura de sementes de arroz com até 19,7% de umidade em secador estacionário com ar ambiente.

Secadores contínuos

Os secadores contínuos não são recomendados para secagem de sementes devido à grande possibilidade de causar danos mecânicos, além da dificuldade de se proceder à limpeza interna, imprescindível para evitar misturas varietais. Esse tipo de secador é utilizado para secagem de grandes quantidades de grãos, num espaço de tempo relativamente curto. A massa de grãos no seu interior circula continuamente, em sentido contrário ao ar aquecido insuflado, até atingir a umidade desejada. Os grãos ficam em contato com o ar quente durante todo o tempo de secagem.

Os secadores contínuos, embora não sejam recomendados para secagem de semente, são utilizados por alguns produtores que confiam na resistência da semente de arroz aos danos mecânicos. Nesse caso, é importante que se tomem alguns cuidados. A temperatura do ar que passa pela massa de sementes não deve ultrapassar 45°C e, como a uniformização da umidade no interior da semente de arroz é mais lenta do que em outras espécies, recomenda-se que o processo seja feito em duas etapas: na primeira, reduz-se o teor de umidade para 16%, descarrega-se o secador e espera-se a uniformização da umidade em um silo; após, retorna-se a semente ao secador para completar o processo de secagem até 13%. Motta et al. (1999) estudou a adaptação do método contínuo de secagem para o arroz e concluiu que as sementes podem ser submetidas a temperaturas do ar de até 60°C e 50°C , respectivamente, nas câmaras superior e inferior do secador. Tais temperaturas causam fissuras que reduzem acentuadamente a porcentagem de grãos inteiros para consumo, mas não influenciam na qualidade fisiológica da semente.



Secadores intermitentes

Esses secadores trabalham com um fluxo de semente por gravidade, com alimentação pela parte superior e descarga na parte inferior (Fig. 21.7). Diferem dos secadores contínuos pelo fato de a semente ficar em contato com o ar quente somente quando está passando pela câmara de secagem. Nesse sistema, a semente circula lentamente, o que favorece o processo de uniformização da umidade durante a sua movimentação no interior do secador.

Os secadores intermitentes intercalam períodos de exposição da semente ao ar aquecido com períodos de descanso, quando a umidade se uniformiza no interior do grão. Esse período de repouso é muito importante para prevenir fissuras na semente.

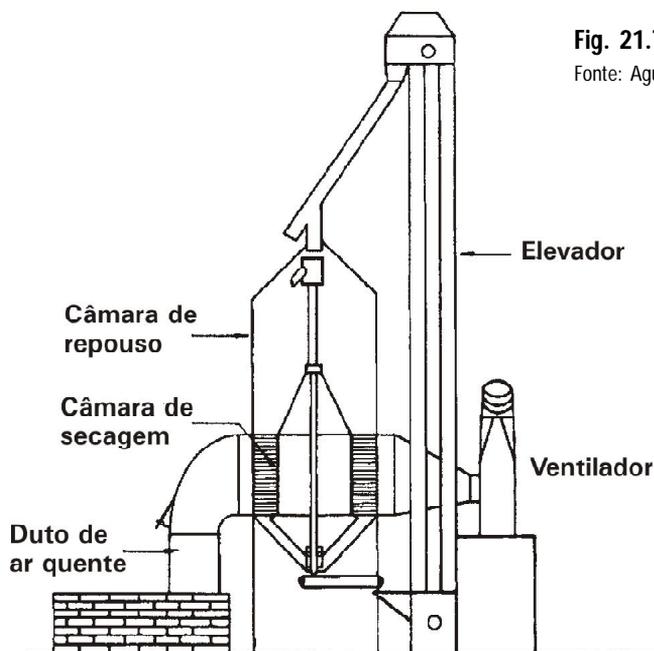
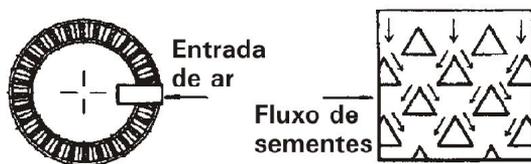


Fig. 21.7. Secador intermitente rápido.
Fonte: Aguirre & Peske (1992).



Detalhe da câmara de secagem



A velocidade de secagem do sistema intermitente é maior que no sistema estacionário. Esse fato, aliado à maior resistência da semente de arroz a danos mecânicos, tem contribuído para uma utilização mais ampla desse sistema pelos produtores de sementes de arroz.

BENEFICIAMENTO DE SEMENTES

O beneficiamento compreende o conjunto de operações a que a semente é submetida, desde a sua entrada na UBS até à embalagem, com o objetivo de melhorar a aparência e a pureza dos lotes de semente, bem como combater pragas e doenças. Durante o processo de beneficiamento, são utilizados máquinas e equipamentos específicos para a separação do arroz e seus contaminantes.

Quando se trabalha com arroz, a vida útil dos equipamentos da UBS é bem menor, devido à característica abrasiva desse tipo de semente, afetando, inclusive, as peneiras utilizadas, cujas perfurações vão alargando após alguns anos de utilização. Como solução paliativa para esse desgaste, sempre que possível, as partes mais expostas à abrasão devem ser revestidas com borracha.

A seguir, são descritas as diversas etapas do beneficiamento de sementes, cada uma com características e objetivos distintos, e que compreendem as operações de limpeza, classificação, tratamento e movimentação dos lotes na UBS.

Pré-limpeza

Toda semente procedente do campo, antes do processo de secagem, deve passar pela máquina de pré-limpeza, onde é feita a retirada de parte das impurezas, visando a facilitar as operações subseqüentes. Essa operação é feita, geralmente, com máquinas que possuem uma ou duas peneiras, dotadas ou não de ventilador. A pré-limpeza tem a função de retirar os restos culturais como palhas, folhas verdes, sementes de plantas daninhas, terra e insetos que possam dificultar a passagem da semente pelos elevadores e reduzir a eficiência dos processos de secagem e beneficiamento.

Nas máquinas de pré-limpeza com duas peneiras, a peneira superior separa os contaminantes maiores que a semente, como



pedaços de planta, pedras e torrões. A peneira inferior efetua a separação das impurezas menores que a semente, tais como areia, terra, pequenas sementes de plantas daninhas, etc. Algumas das vantagens da pré-limpeza referem-se à: remoção das impurezas maiores, que dificultam o fluxo da massa de sementes pelas máquinas e transportadores; remoção do material ainda verde, com alto teor de umidade, facilitando a operação de secagem; melhoria da eficiência das operações subseqüentes, possibilitando melhor classificação do produto; e aumento da capacidade da máquina de ar e peneiras.

Limpeza

A operação de limpeza da semente de arroz, como da maioria das outras culturas, é realizada pela máquina de ar e peneiras (MAP), considerada como a máquina básica da UBS (Harmond et al., 1968; Welch, 1973). Esse equipamento é composto geralmente de jogos de peneiras com perfurações muito próximas ao tamanho da semente, que servem para remover as impurezas que a pré-limpeza deixou passar. Possui, ainda, um sistema de ventilação que aspira, ou sopra, as impurezas mais leves que a semente (Fig. 21.8).

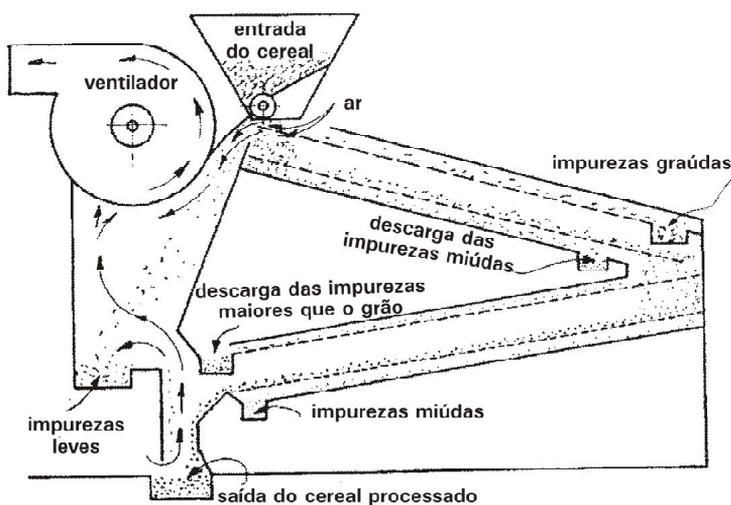


Fig. 21.8. Diagrama esquemático de uma máquina de ar e peneiras (com quatro peneiras).

Fonte: Adaptada de Harmond et al. (1968).



Como os lotes de sementes de arroz variam muito quanto à natureza dos contaminantes e ao tamanho da semente, a seleção correta das peneiras é muito importante. As peneiras são divididas em quatro tipos, conforme suas perfurações: peneiras de furos redondos; oblongos; triangulares; e as peneiras de tela com aberturas (Aguirre & Peske, 1992). Para o beneficiamento da semente de arroz, utilizam-se, com frequência, peneiras com perfurações redondas e oblongas.

Na MAP, a semente de arroz passa através da peneira superior, com perfurações redondas, para separar as impurezas com largura superior à largura da semente. A peneira inferior, com perfurações oblongas, retém a semente de arroz e deixa passar as impurezas menores. Alguns modelos possuem um jogo adicional de peneiras, com funções similares às descritas anteriormente.

Um dos principais contaminantes das lavouras de arroz, especialmente nos cultivos irrigados, é o arroz vermelho, planta daninha da mesma espécie do arroz cultivado (*Oryza sativa*, L.) e responsável pela condenação de muitos lotes para comercialização como semente. Durante muitos anos, produtores de arroz utilizaram a MAP para remoção das sementes de arroz vermelho, as quais possuíam características morfológicas muito distintas das do arroz cultivado. No entanto, aparentemente, essa prática promoveu uma forte seleção nas sementes de arroz vermelho, ao deixar passar nas peneiras de classificação somente os grãos com dimensões e formato semelhantes aos do arroz cultivado. Além disso, a alta taxa de cruzamento natural entre o arroz cultivado e o arroz daninho, certamente contribuiu para a situação atual, em que o arroz vermelho produz grãos longos e finos, muito similares aos grãos das cultivares utilizadas pelos produtores e que não podem mais ser eliminados pelas máquinas de beneficiamento.

No beneficiamento da semente de arroz, podem também ser utilizadas peneiras onduladas (Fig. 21.9). Essas peneiras ajudam a direcionar as sementes no sentido longitudinal, facilitando a separação, além de aumentar a superfície de contato entre a semente e a peneira. Entretanto, por retardar o fluxo da semente, essas peneiras reduzem a capacidade da máquina em aproximadamente 30% (Aguirre & Peske, 1992).

Após a limpeza na MAP, a semente é levada, quando necessário, para as máquinas de classificação, que fazem o acabamento final e o aprimoramento do produto.



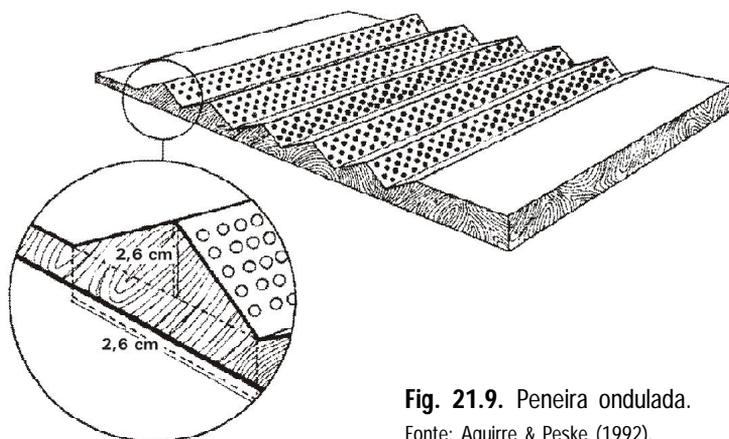


Fig. 21.9. Peneira ondulada.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Máquinas de classificação

As máquinas de classificação são responsáveis pelo acabamento mais aprimorado do beneficiamento, ou seja, são equipamentos especializados para separar o produto com base em certas características físicas diferenciais para uma separação mais perfeita da semente e das impurezas. As máquinas de classificação são utilizadas quando o lote de sementes apresenta materiais indesejáveis, que não podem ser completamente eliminados pela máquina de ar e peneiras.

Separador de cilindro alveolado

Esse equipamento é composto de um cilindro rotativo horizontal que possui uma calha interna longitudinal e classifica a semente com base no seu comprimento. A superfície interna do cilindro é formada por pequenos alvéolos esféricos (Fig. 21.10). Quando em operação, a semente percorre o interior do cilindro em rotação, pela sua parte inferior. O material mais curto aloja-se nos alvéolos e, com o movimento rotatório, é elevado até a parte superior do cilindro. Em determinada altura, essas impurezas desprendem-se dos alvéolos e são recolhidas pela calha no interior do cilindro. Os cilindros podem ser trocados por outros com alvéolos de tamanhos diferentes, conforme as características físicas das impurezas a serem removidas.

Os cilindros alveolados são muito utilizados no beneficiamento de arroz, para separar, principalmente, sementes descascadas e quebradas que não tenham sido separadas na MAP.



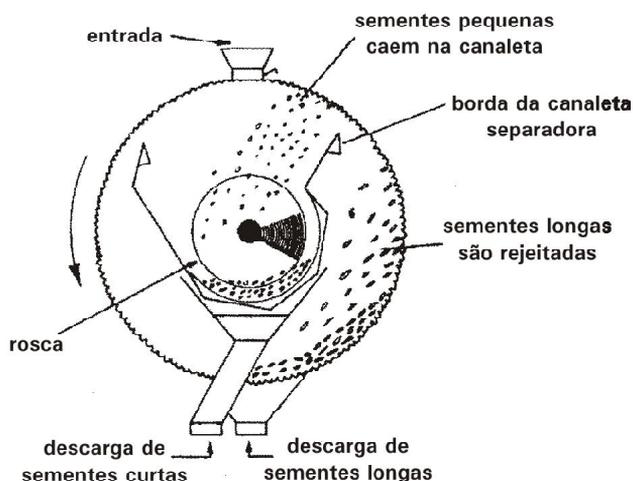


Fig. 21.10. Vista de corte do separador cilíndrico, mostrando como as sementes curtas são separadas das sementes longas e depositadas na canaleta.

Fonte: Welch (1973).

Separador de discos alveolados

O separador de discos consiste em uma série de mais de 20 discos que giram em torno de um eixo horizontal, no interior de uma estrutura fechada. Cada disco tem as duas faces repletas de concavidades em forma de alvéolos. Quando em funcionamento, a semente flui pela parte mais baixa da estrutura, entrando em contato com os discos em rotação. Similarmente ao que ocorre no cilindro alveolado, as impurezas com comprimento menor que a semente alojam-se nos alvéolos e são removidas do lote de sementes. Sementes de arroz descascadas, quebradas e algumas sementes de plantas daninhas são retiradas por esta máquina. Por tratar-se de um equipamento similar ao cilindro alveolado e ter um custo bem mais elevado, sua utilização no Brasil é bastante limitada.

Mesa densimétrica

A mesa densimétrica, ou mesa de gravidade, separa materiais que, embora apresentem as mesmas dimensões que a semente, possuem diferenças quanto à massa. À medida que as sementes entram em contato com a parte superior da mesa, sofrem a ação da corrente de ar que sopra do interior, através da superfície porosa. A quantidade de ar é regulada de forma a manter flutuando as sementes ou impurezas mais leves, sem, contudo, afetar as sementes bem formadas e mais densas.



Para efetivamente propiciar a separação desses materiais com diferentes densidades, a mesa é inclinada e dotada de um sistema de vibração, no sentido da lateral inferior para a superior. As sementes e outras partículas mais leves se mantêm flutuando, não sendo, portanto, afetadas pelo movimento vibratório. Dessa forma, essas impurezas tendem a deslocar-se para a parte inferior da mesa. As sementes mais densas, em contato com o topo da mesa, recebem o impulso da vibração e são deslocadas para a parte superior. O movimento vibratório e a corrente de ar provocam uma estratificação do lote, de acordo com a densidade de seus componentes, descarregando, na parte inferior da mesa, as sementes mais leves e na parte superior, as sementes mais densas.

Embora a mesa de gravidade seja ocasionalmente dispensável no beneficiamento de sementes de arroz irrigado produzido em várzeas, tem se mostrado um equipamento bastante útil quando se trata de arroz de terras altas. Como o arroz de terras altas, especialmente o plantado em condições de sequeiro, está mais sujeito a estresses ambientais na lavoura, é freqüente a ocorrência de sementes que, mesmo não diferindo das demais na forma ou nas dimensões, são mais leves e de menor qualidade. Como existe uma relação direta entre a densidade da semente e a sua qualidade fisiológica (Popinigis, 1985), a mesa de gravidade, além de limpar o lote, contribui também para melhorar a qualidade fisiológica.

Esse equipamento deve ser instalado sempre ao final da linha de beneficiamento, após todas as máquinas de limpeza e classificação, posicionado antes do tratamento químico (quando for o caso) e do ensaque.

Transportadores

Para que as sementes se movimentem de uma máquina para outra dentro da UBS, são utilizados diversos tipos de transportadores. Esses equipamentos, embora indispensáveis, geralmente oferecem maior risco de danos mecânicos à semente ou de promoverem mistura de variedades. Alguns transportadores usualmente utilizados no beneficiamento da semente de arroz são descritos a seguir.

Elevadores de canecas

Os elevadores têm a finalidade de conduzir as sementes a uma altura suficiente para descarregá-las em outra máquina do fluxo de beneficiamento. O elevador (Fig. 21.11) é composto de duas "pernas", caixas alongadas de chapa galvanizada ou madeira, dentro das quais corre uma correia onde estão fixadas as canecas que transportam as sementes. O "pé" do elevador possui um sistema para alongar a correia e duas bocas de entrada das sementes.



Para o manuseio de sementes, é preferível utilizar a boca de alimentação onde as canecas estão em movimento ascendente, para diminuir os riscos de danos mecânicos. A “cabeça” do elevador possui o motor e a boca de descarga. Também com o objetivo de diminuir os danos mecânicos e o desgaste das peças metálicas, deve-se dar preferência aos elevadores que possuem a cabeça revestida com borracha e que operam com velocidades mais baixas, ao redor de 1 m s^{-1} (Aguirre & Peske, 1992).

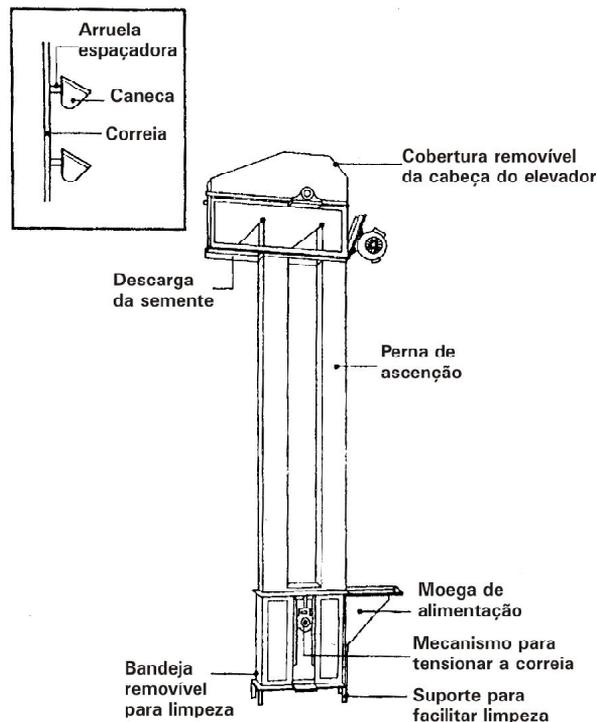


Fig. 21.11. Detalhes de desenho de um elevador de canecas para sementes.

Fonte: Aguirre & Peske (1992).

Outro detalhe a ser verificado é a facilidade de limpeza. Com a diversidade de cultivares processadas em uma UBS, é importante que o elevador seja construído de forma que a limpeza seja facilitada. Alguns tipos possuem as paredes laterais e o fundo do seu pé removíveis. As canecas devem ser fixadas à correia com uma arruela de borracha que as mantenham distantes da correia, evitando que as sementes se alojem entre a correia e a caneca.



A dificuldade de deslizamento da semente de arroz durante o beneficiamento é um problema decorrente de erros no dimensionamento dos elevadores. A altura do elevador deve ser suficiente para que o tubo

de descarga, que conecta a cabeça do mesmo à máquina seguinte, tenha uma inclinação mínima que permita a semente fluir, por gravidade, no seu interior. Enquanto sementes que escorregam facilmente, como as da soja e do feijão, aceitam um declive de 45 graus, a semente de arroz requer uma inclinação maior, entre 50 - 60 graus (Welch, 1973).

Correia transportadora

As correias transportadoras são muito utilizadas para o transporte de sementes na forma horizontal ou com pouca inclinação. Não causam danos mecânicos e algumas são de fácil limpeza. Podem ser alimentadas em qualquer ponto e alguns modelos são reversíveis, descarregando em ambas as extremidades ou em qualquer ponto intermediário, quando providas de um sistema móvel de descarga.

Transportador vibratório

O transportador vibratório também é utilizado para transporte horizontal, principalmente para pequenas distâncias. Quando instalado sobre outros equipamentos, pode provocar vibrações indesejáveis.

Rosca helicoidal

Esse equipamento, também conhecido como rosca-sem-fim, não é indicado para sementes por apresentar alto risco de dano mecânico. Pode transportar sementes em posição inclinada. Como a semente de arroz, pela sua anatomia, possui proteção natural contra danos mecânicos, algumas unidades de beneficiamento ainda utilizam esse equipamento. Uma forma de minimizar a ocorrência de danos à semente consiste em trabalhar com 70% da sua capacidade (Aguirre & Peske, 1992).

Tratamento de sementes

O tratamento visa proteger a semente contra fungos, bactérias e insetos. É a última operação dentro da UBS, antes do ensacamento. As tratadoras são compostas, basicamente, de um elemento dosador do produto químico e de um sistema que distribui o produto nas sementes. É importante considerar que, caso não seja utilizada para plantio, essa semente, dependendo do produto químico utilizado, não poderá ser utilizada como grão para consumo humano ou animal. Existem, basicamente, dois tipos de equipamentos para tratar as sementes: os que trabalham com produtos líquidos e os que trabalham com produtos em pó.



REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, R.; PESKE, S. T. **Manual para el beneficio de semillas**. 2. ed. Cali: CIAT, 1992. 247 p.
- ANDALES, S. C. Rice drying. In: THE UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES. **Rice production manual**: Philippines. rev. ed. Los Baños, 1983. p. 398-423.
- ARAULLO, E. V.; PADUA, D. B. de; GRAHAM, M. (Ed.). **Rice**: postharvest technology. Ottawa: International Development Research Centre, 1976. 394 p.
- BECK, J. M. **How a psychrometric chart is used to determine air properties**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1970. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.
- CAMPBELL, B. **Fundamentals of seed drying**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1969. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 313-341.
- GREGG, B. R.; COATES, E. S. **Grain and seed drying fundamentals**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1960. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- HARMOND, J.; BRANDENBURG, N. R.; KLEIN, L. M. **Mechanical seed cleaning and handling**. Washington: USDA, 1968. 56 p. (USDA. Agriculture Handbook, 354).
- HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972. v. 3, p. 145-245.
- HENDERSON, S. M.; PERRY, R. L. **Agricultural process engineering**. 3. ed. Westport: AVI, 1982. 422 p.
- MATTHES, R. K.; RUSHING, K. W. **Seed drying and conditioning**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1972. 1 v. Short Course for Seedsmen.
- MOTTA, W. A.; VILLELA, F. A.; ZIMMER, G. J. Adaptação do método contínuo de secagem para sementes de arroz. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1019-1025, out./dez. 1999. Suplemento.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: [s.n.], 1985. 289 p.
- RANGEL, M. A. S.; ZIMMER, G. J.; VILLELA, F. A. Secagem estacionária de sementes de arroz com ar ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 10, p. 1081-1090, out. 1997.
- THOMPSON, J. F. Principles of rice drying. In: RICE QUALITY WORKSHOP, 2003, Davis, California. **Rice quality**. Davis: University of California, 2003. 8 p.
- VANDEVENNE, R. **Production et controle des semences de riz en zone tropicale**. Paris: IRAT, 1984. 495 p. (IRAT. Memoires et Travaux, 4).
- WELCH, G. B. **Beneficiamento de sementes no Brasil**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1973. 205 p.
- WELCH, G. B.; DELOUCHE, J. C. **Seed processing and storage facilities for tropical areas**. Mississippi State: Seed Technology Laboratory, 1967. 1 v. (American Society of Agricultural Engineers. Paper No. 67-318).

