

# Manejo da Aeração dos Grãos na Unidade Armazenadora para Preservar a Qualidade dos Grãos<sup>1</sup>

06

*Moacir Cardoso Elias<sup>2</sup>; Maurício de Oliveira<sup>3</sup>;  
Nathan Levien Vanier<sup>4</sup>*

---

## INTRODUÇÃO

Aeração é um dos principais recursos baseado em princípios físicos utilizados para a conservação de grãos em silos e/ou em armazéns. Ainda que seja mais utilizada durante o armazenamento, a técnica pode também ser utilizada antes na preparação dos grãos para o armazenamento, na forma de secagem estacionária, realizada no próprio silo. Para conservação de grãos secos, a ar pode estar na condição ambiente se as condições psicrométricas forem favoráveis ou deve ser artificialmente resfriado em condicionamento adequado. Para secagem, pode igualmente ser utilizado o ar na condição ambiental em condições psicrométricas adequadas ou pode ser utilizado ar aquecido. Para cada um dos dois objetivos, há necessidade de rigoroso controle operacional em que fatores como vazão, pressão e propriedades psicrométricas do ar, aliados ao tempo de execução e a propriedades dos grãos constituem uma equação complexa para definir uma operação de execução mecânica simples. Aerar grãos não é apenas ligar o ventilador e ao final desligar.

Dentre as propriedades dos grãos, a porosidade, a higroscopicidade e a condutibilidade térmica têm grande importância na aeração. A baixa condutibilidade térmica dos grãos e as interações hídrica e térmica deles são também inter-relacionadas com a porosidade

---

<sup>1</sup>Texto básico da palestra do 1º autor redigido com a coautoria dos professores

<sup>2</sup>Engº Agrº, Dr, Professor Titular. E-mail eliasmc@uol.com.br

<sup>3</sup>Engº Agrº, Dr, Professor Adjunto. E-mail mauricio@labgraos.com.br

<sup>4</sup>Engº Agrº, Dr, Professor Adjunto. E-mail nathan@labgraos.com.br

Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas. Pólo de Inovação Tecnológica em Alimentos da Região Sul (Convênio SCT-RS, UFPEL e COREDE-SUL). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campus UFPEL, Capão do Leão, CEP 96.010-900, Cx.P. 354. Fone: (53) 32757284.

Operacionalmente, a aeração é a prática de se ventilar os grãos, com ar na condição ambiental ou parcialmente modificado, em fluxo cientificamente dimensionado, para promover redução e uniformização da temperatura de grãos armazenados, visando uma boa conservação, pela redução das atividades metabólicas dos próprios grãos e de organismos associados. O ar passa pelos poros ou espaços intergranulares, pois os grãos não formam uma massa não compacta. Nessa passagem do ar entre eles há trocas constantes de umidade e calor, em função também das propriedades do ar.

Num silo e/ou armazém, os grãos constituem os principais componentes de um ecossistema dinâmico, em constante transformação, cujas interações químicas, físicas e biológicas promovem alterações quantitativas e qualitativas, responsáveis por deteriorações e outras perdas. São os conhecimentos das propriedades dos grãos, de suas interações com os processos metabólicos que ocorrem no armazenamento, das propriedades do ar e de preceitos de engenharia que devem embasar procedimentos operacionais do manejo tecnológico da aeração e/ou do resfriamento dos grãos no manejo da conservação no armazenamento.

A aeração no armazenamento é feita para: a) reduzir e manter uniforme a temperatura dos grãos; b) reduzir os riscos de perda por deterioração; c) criar condições desfavoráveis para o desenvolvimento de organismos nocivos ou prejudiciais aos grãos; d) evitar a migração da umidade por correntes convectivas; e) complementar a secagem; f) corrigir pequenas variações de umidade e/ou de temperatura dos grãos e/ou decorrentes de odores indesejáveis.

Neste material, a aeração abordada é a de manutenção de grãos armazenados secos, não sendo a aeração secante objeto aqui.

## **FORMAS DE CIRCULAÇÃO DO AR NA AERAÇÃO**

Além da aeração, outras formas de se promover a ventilação dos grãos são a transilagem e a intrassilagem. Na primeira, há transferência total, sendo todos os grãos de um silo removidos para outro, ou de uma célula para outra, no caso de armazéns graneleiros septados. Na segunda, a movimentação é parcial, com passagem pelo elevador de parte dos grãos, e retorno para o mesmo silo ou para a mesma célula. Na aeração, o ar passa, forçadamente, pela massa de grãos, com auxílio de ventilador ou exaustor, dependendo do sistema, enquanto na transilagem e na intrassilagem são os grãos que passam pela massa de ar, com auxílio do elevador.

Na circulação forçada, como ocorre na aeração, o ar, nas condições ambientais ou parcialmente modificadas, é insuflado ou aspirado por ventilador ou dispositivo similar, que o distribui convenientemente por entre os grãos. A eficiência da aeração depende em grande parte da homogeneidade da distribuição do ar.

A aeração por insuflação e aspiração (ou sucção) podem apresentar eficiências equivalentes, desde que sejam corretamente dimensionadas (Tabela 1). Exemplo clássico é o subdimensionamento do ventilador: na insuflação, que possibilita condensação na parte interna da cobertura do silo ou do armazém graneleiro, enquanto na sucção pode haver obstrução dos furos da chapa perfurada sobre os dutos de aeração ou do fundo falso por partículas menores certamente arrastadas.

**TABELA 1.** Comparativos entre aspiração ou exaustão e insuflação.

| <b>Operação</b>                              | <b>Aspiração</b>   | <b>Insuflação</b>   |
|--|--|---|
| Carregamento do silo                         | - Baixo rendimento, trabalho aumentado.  | - Rendimento real, de acordo com o projeto de aeração.  |
| - No silo carregado                          | - Ao entrar em contato com os grãos, o ar já está modificado, em função da irradiação e da condutibilidade térmica, transferindo calor para o interior do silo, aumentando a capacidade de transferência interna de umidade. | - O ar insuflado que entra em contato com os grãos tem ainda as condições ambientais e começa a resfriá-los já desde o ingresso. Se os grãos aquecidos estiverem na base, há o arrefecimento imediato; se eles estiverem no topo, o ar não transportará calor pela massa. |
| - Inspeção por análise do ar que sai do silo | - A inspeção pode ser mascarada, porque se os problemas não estiverem na base do silo, o ar que sai já interagiu com os grãos em bom estado.   | - A inspeção pode ser mascarada, porque se os problemas não estiverem no topo do silo, o ar que sai já interagiu com os grãos em bom estado.  |
| - Na aeração                                 | - Aquece o que deveria resfriar e pode umedecer o que deveria permanecer seco. Isso gasta mais energia para ter menor qualidade da massa de grãos.   | - Permite excelente taxa de ar no momento do carregamento do silo ou armazém, aumentando a segurança operacional, com transferência uniforme de calor e vapor.  |

Fonte: Adaptado de Peres (2001)

## **TIPOS DE AERAÇÃO**

De acordo com seu objetivo, a aeração pode ser classificada em tipos, como aeração provisória, corretiva, secante e de resfriamento ou manutenção.

### **AERAÇÃO PROVISÓRIA**

Aeração utilizada em grãos recém-colhidos, que cheguem úmidos (com umidade superior à recomendada para uma boa conservação) na unidade de armazenamento. Neste caso, a aeração é utilizada como meio de conservação temporária enquanto os grãos aguardam a secagem, para controlar não apenas danos imediatos, mas também danos latentes, que se manifestam durante o armazenamento, como a incidência de defeitos nos grãos. Simultaneamente, se as condições do ar assim o permitirem, pode

haver remoção de alguns pontos percentuais de água, embora, nesse caso, esse seja um objetivo secundário, complementar, pois o mais importante é evitar o aquecimento dos grãos.

### **AERAÇÃO CORRETIVA**

Aeração é utilizada, normalmente, em duas situações: a) em grãos armazenados que, por alguma razão, adquiriram odores estranhos. Com a aeração é possível ser reduzido esse defeito; b) quando, por interesse de conservação, os grãos forem armazenados com umidade menor do que a de comercialização, mas há interesse em seu acondicionamento. Sendo realizado um pouco antes da expedição, esse tipo de aeração, realizada com ar em umidade acima do equilíbrio higroscópico pode para corrigir essa diferença, sem afetar a qualidade do produto.

### **AERAÇÃO SECANTE**

Aeração utilizada quando há também o objetivo de manter os grãos em temperatura baixa enquanto secam lentamente no próprio silo. Diferentemente da aeração de manutenção de grãos armazenados secos, ao invés do uso de silo-aerador, com dutos de aeração ou canais, cobertos por chapa perfurada, na aeração secante é recomendável o uso de silo-secador, com fundo falso perfurado. Não deixa de ser uma forma de secagem estacionária com ar sem aquecimento que usa, no entanto, vazão de ar ajustada para tal.

No caso de aeração secante com insuflação de ar ambiente quando a umidade relativa for baixa, menor do que a umidade de equilíbrio, o fluxo (ou a vazão) de ar deve ser observada sua interação também com a temperatura, pois quanto mais baixa ela for, maior deve ser o fluxo de ar. Esse é o mesmo conhecimento aplicável em secagem estacionária, realizada em silo-secador quando utiliza ar aquecido.

Na aeração secante, que serve para ajustar a umidade, o fluxo de ar também deve ser maior do que o usado na aeração para conservação de grãos armazenados secos.

O dimensionamento dos fluxos (ou das vazões) de ar a aplicar depende do tempo desejado na operação, da espécie de grãos, da umidade, da integridade física e das condições sanitárias com que eles entram no secador, das condições psicrométricas do ar ambiente e das características técnicas das instalações.

Na secagem, os fluxos podem variar de 4 a  $18\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{t}^{-1}$  (metros cúbicos de ar por minuto por tonelada de grãos), se utilizar ar sem aquecimento, ou 3 a  $12\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{t}^{-1}$  quando o ar for aquecido até  $10^\circ\text{C}$  acima da temperatura ambiente. Quando for aeração de manutenção, o ar não se destina a remover água, mas visa reduzir e uniformizar a temperatura dos grãos, os fluxos de ar utilizados são menores, sendo recomendáveis entre 0,1 e  $3\text{m}^3.\text{min}^{-1}.\text{t}^{-1}$ .

É um processo lento, que pode ser melhorado pelo controle e/ou pela correção das condições psicrométricas do ar, como aquecimento sem o ar passar por chama ou parcial pela queima de gás liquefeito de petróleo ou outra forma de aquecimento do ar.

## **AERAÇÃO DE MANUTENÇÃO E TRANSILAGEM**

Em grãos armazenados secos e limpos, a aeração é aplicada para corrigir início de aquecimento ou para promover seu arrefecimento, em etapas progressivas ou em ciclo único, cada vez que a temperatura exterior o permitir, mas não é só isso. Reduzir a temperatura dos grãos é tão importante quanto promover sua uniformização para evitar a formação de correntes convectivas e reduzir seus efeitos. Para não haver dependência das condições psicrométricas do ar na condição ambiental pode ser utilizado processo artificial de resfriamento, quando então também devem ser feitos controles simultâneos também de umidade do ar.

A transilagem e a intrassilagem podem ser enquadradas também como formas de aeração de resfriamento, embora só devam ser utilizadas na impossibilidade ou em grande dificuldade de realizar aeração. Devem ser realizadas se o silo não for dotado de um sistema eficiente de ventilação.

A transilagem consiste na transferência dos grãos de um silo a outro, para que haja redução e homogeneização da temperatura, enquanto na intrassilagem uma parte dos grãos é parcialmente movimentada, sendo os grãos retirados da parte inferior do silo e recolocados na parte superior do mesmo silo, ou seja, há uma espécie de recirculação parcial da massa de grãos na mesma unidade armazenadora.

Na aeração forçada há a passagem do ar pela massa de grãos. Já na transilagem e na intrassilagem são os grãos que passam pela massa de ar. Sempre que possível, no entanto, se deve preferir a aeração, que é mais rápida, tecnicamente é mais eficiente, permite maior uniformidade e não promove danificação mecânica nos grãos.

De acordo com a atual Legislação Brasileira do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras, toda unidade armazenadora para ser certificada deve ser dotada de sistema de aeração e ter vazão específica mínima de  $0,05 \text{ m}^3$  de ar.min.t de grãos<sup>-1</sup> para armazéns verticais e de  $0,1 \text{ m}^3$  de ar.min.t de grãos<sup>-1</sup> para armazéns horizontais.

## **AERAÇÃO DE RESFRIAMENTO E ARMAZENAMENTO REFRIGERADO**

O uso de frio na armazenagem começou com sementes, mas nos últimos tempos tem havido expansão o armazenamento de grãos destinados à industrialização ou ao consumo direto na alimentação humana e de animais. O meio utilizado para esse consiste na insuflação de ar com temperaturas baixas, de modo a fazer com que os

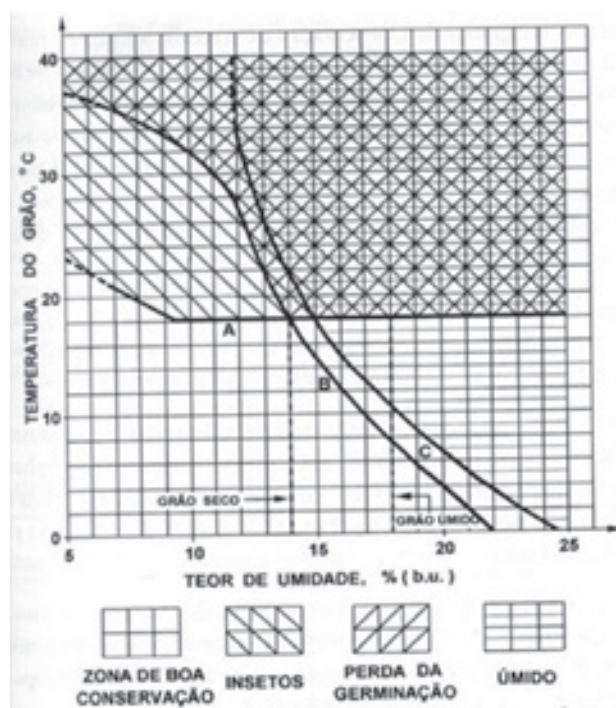
grãos se resfriem e permaneçam com temperaturas baixas, preferentemente abaixo de 16°C, para reduzir o metabolismo e controlar a infestação de insetos, uma vez que abaixo dessa temperatura eles praticamente não se reproduzem, se alimentam pouco, não se reproduzem e acabam morrendo por inanição.

Tecnicamente pode ser usado ar ambiente se em regiões frias ou em períodos frios, mas em geral esse ar frio apresenta umidade alta e com isso favorecer o desenvolvimento microbiano. Nesse contexto, o uso de ar com redução artificial controlada de temperatura e umidade oferece maior segurança. Para a aeração de resfriamento, são necessários parâmetros específicos de manejo mecânico do fluxo de ar na operação, que necessita de vazão e velocidade muito maiores.

### MANEJO TECNOLÓGICO DA AERAÇÃO

O primeiro princípio de conduta deve ser a redução da temperatura dos grãos com manutenção em uniformidade e, por conseguinte, a operação deve ser realizada quando a temperatura do ar for inferior em alguns graus à temperatura do grão. São levados em conta dois fatores restritivos: a umidade relativa do ar e a diferença de temperatura entre o ar e os grãos.

O diagrama de conservação de grãos (Fig. 1) permite identificar as condições mais propícias para controle metabólico dos principais organismos que acompanham os grãos no armazenamento, os denominados organismos associados.



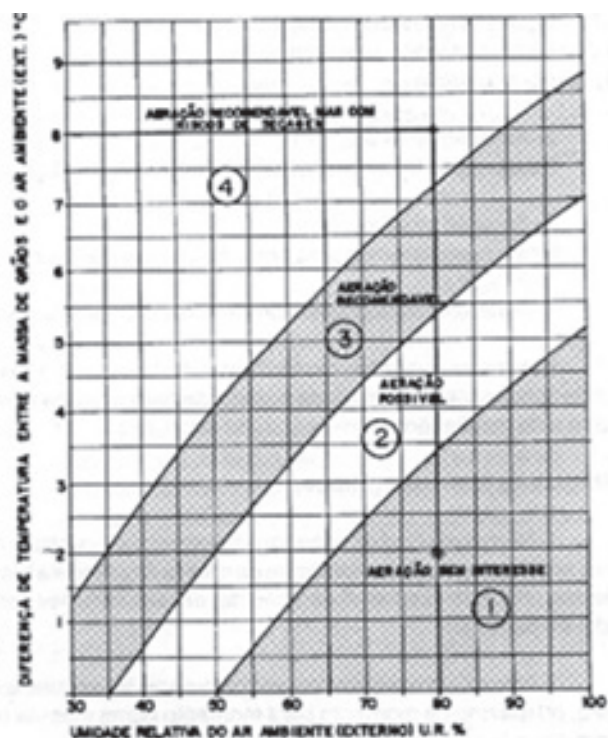
**FIGURA 1.** Diagrama de conservação de grãos

Fonte: Adaptado de Burrell & Burgell (1964).

Quando os grãos estiverem ligeiramente úmidos, a diferença de temperatura entre o ar e os grãos é mais importante do que a umidade relativa do ar, mas quando a umidade dos grãos estiver próxima das normas comerciais, são igualmente importantes esses dois fatores, devendo ser evitada a ventilação quando a umidade relativa estiver acima de 70-75%, se a diferença de temperatura entre o ar e os grãos for menor do que 3 a 5°C. Entretanto, se for necessário escolher entre duas alternativas (risco de aquecimento ou perda de peso por perda d'água) as condições de qualidade dos grãos no momento devem ser balizadoras da decisão.

Outro importante princípio a ser observado na aeração é intervir preventivamente, e não corretivamente, para remediar uma elevação de temperatura pelo aquecimento natural do grão, pois só ocorre aumento de temperatura quando há metabolismo e, aí, as perdas já são irreversíveis. Assim como a umidade, o calor é, ao mesmo tempo, causa e consequência do metabolismo.

O diagrama de aeração (Fig. 2) apresenta uma ideia de efeitos interativos entre as condições psicrométricas do ar de aeração e seus efeitos operacionais, considerando simultaneamente umidade relativa do ar e diferença de temperatura entre ar e grãos. Não deve ser tomado como indicador absoluto



**FIGURA 2.** Diagrama de aeração de grãos

Fonte: Adaptado de Burges e Burrell (1964).

Há alguns anos, nos manuais de aeração, havia a recomendação de não ligar o ventilador se a umidade relativa do ar fosse alta. Modernamente, a recomendação indica evitar ligar o ventilador nas horas em que as umidades relativas do ar forem muitas

elevadas. Entretanto, se continuar aumentando a temperatura dos grãos, para iniciar a operação deve ser considerada a diferença em relação à temperatura histórica de equilíbrio, registrada pelo sistema de leituras diárias através da termometria.

Se ultrapassar 2°C para grãos oleaginosos ou 3°C para grãos amiláceos ou proteicos, deve ser iniciada a aeração, mesmo em dias chuvosos, pois o aumento de temperatura em grãos armazenados indica intensificação da atividade respiratória, que ocorre na forma de dinâmica metabólica, podendo levar à autocombustão. Além disso, quando o ar entra em contato com o ventilador e com as paredes do sistema de transporte, o atrito das moléculas provoca aumentos de sua temperatura e a consequente redução de sua umidade relativa, o que favorece a aeração.

Se ocorrer aquecimento dessa massa, a causa mais provável é o metabolismo de grãos e/ou de organismos associados. A menos provável é a decorrente da variação térmica ambiental, porque os grãos são maus condutores de calor, havendo pouca propagação de calor por condução numa massa de grãos.

Em dias quentes, ou nas horas mais quentes, a parede e a cobertura do silo começam a receber calor e a temperatura aumenta. Estando os silos carregados, os grãos e o ar próximos da parede se aquecem. Se esse aquecimento atingir 13°C, em média, a medida da temperatura dentro do silo, a uma distância de 25 cm da parede, terá um diferencial de 0,7°C. Isso significa que 25 cm de grãos são capazes de isolar 12,3 em cada 13°C.

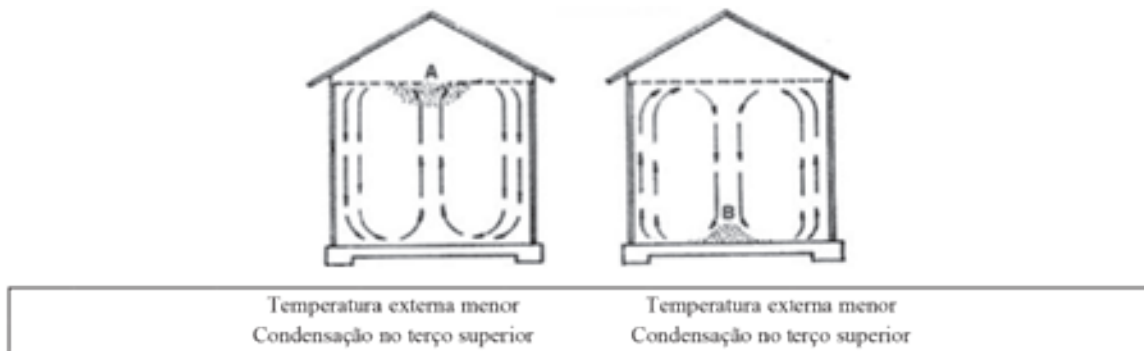
Quando a temperatura externa ao silo é maior do que no interior, como ocorre em dias quentes, os grãos próximos às paredes se aquecem mais do que os outros. Dessa maneira, se aquece o ar intersticial próximo da parede, fazendo com que sua densidade diminua e sejam formadas correntes convectivas ascendentes de ar mais aquecido junto da parede, criando um gradiente térmico e fazendo com que ocorra formação de correntes convectivas descendentes de ar menos aquecidos nas regiões mais internas do silo.

As moléculas de ar que circulam são insaturadas e quando passam por regiões mais quentes absorvem calor e têm sua entalpia aumentada, diminuindo sua umidade relativa e aumentando sua capacidade de troca de energia térmica pelas moléculas de água dos grãos por onde passam. Depois de um período de correntes convectivas, na região central do terço inferior do silo, no ponto “mais frio” da massa de grãos, ocorre condensação da água que atingir o ponto de orvalho e/ou temperaturas abaixo dele. Os grãos localizados nesta região se umedecem, havendo então problemas de deterioração.

De forma análoga, quando a temperatura ambiente for mais baixa (horas e/ou dias frios), o ar próximo à parede do silo sofre arrefecimento e forma correntes convectivas descendentes. Isso provoca a formação de correntes ascendentes do ar que circula nos espaços intergranulares da região mais interna do silo e faz com que haja uma região de condensação no topo do silo, já que a cobertura está resfriada e no cone se

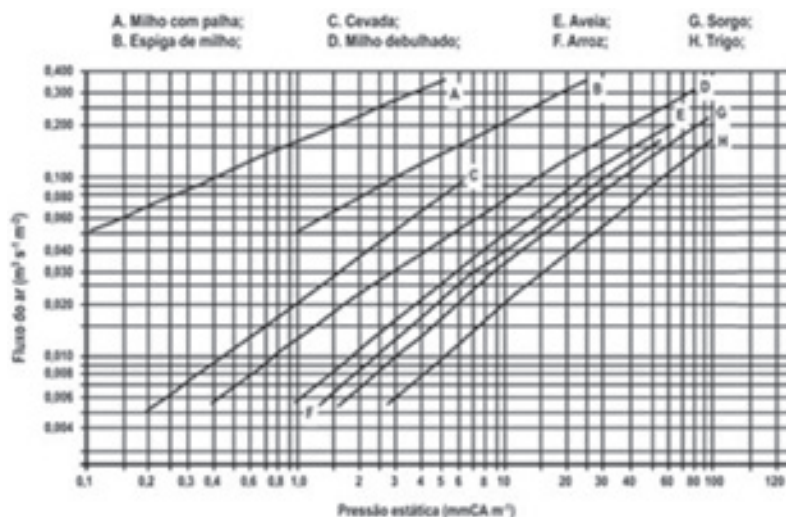


forma então uma zona de condensação. Em climas temperados, esses fenômenos de transferências de calor e de água ocorrem mais marcadamente entre as estações do ano, mas acontecem todos os dias, pelos gradientes térmicos diários e entre os dias e as noites (Fig. 3).



**FIGURA 3.** Transferência de calor e água por correntes convectivas.

Na seleção de ventiladores e no dimensionamento de sistemas de aeração, um fator importante a considerar é a pressão estática na massa de grãos, que está diretamente relacionada com a resistência que os grãos oferecem à passagem do ar, enquanto a pressão dinâmica está relacionada com a velocidade do ar. A pressão estática depende da espécie de grão, das impurezas, da umidade e do fluxo de ar (Fig. 4). Se a resistência oferecida pelo grão for muito grande, há necessidade de ventiladores de alta potência, o que encarece a operação, podendo inviabilizar o processo.



**FIGURA 4.** Gráfico de Shedd

Para o correto funcionamento de um sistema de aeração deve ser considerada também a pressão dinâmica, que juntamente com a pressão estática compõe a pressão total. A pressão dinâmica também conhecida como a pressão de velocidade é aquela

proporcional à energia cinética da corrente de ar, oriunda do atrito provocado pela passagem do ar por dutos, paredes e pela superfície dos grãos. Para minimizar os efeitos da velocidade do ar na pressão total do sistema de aeração, devem ser consideradas as velocidades máximas de circulação do ar (Tab. 2).

**TABELA 2.** Velocidades máximas recomendadas no interior dos dutos de até 30,48 m, em armazéns horizontais

| <b>Milho, soja e outros grãos grande</b>           |                                      |       |       |       |       |       |
|--|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| m <sup>2</sup> . min.m <sup>-2</sup>               | m <sup>2</sup> . min.t <sup>-1</sup> | 3     | 6     | 9     | 12    | 15    |
| 0,040  | 0,054                                | -     | 228,6 | 304,8 | 381   | 381   |
| 0,080  | 0,107                                | 228,6 | 304,8 | 381   | 457,2 | 533,4 |
| 0,161  | 0,214                                | 304,8 | 381   | -     | -     | -     |
| <b>Trigo, sorgo, arroz e outros grãos pequenos</b> |                                      |       |       |       |       |       |
| 0,040  | 0,054                                | -     | 304,8 | 457,2 | 533,4 | 609,6 |
| 0,080  | 0,107                                | 228,6 | 457,2 | 609,6 | -     | -     |
| 0,161  | 0,214                                | 304,8 | 609,6 |       |       |       |

FONTE: "Ventilacion de granos en almacenamiento comercial", informe 178 do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

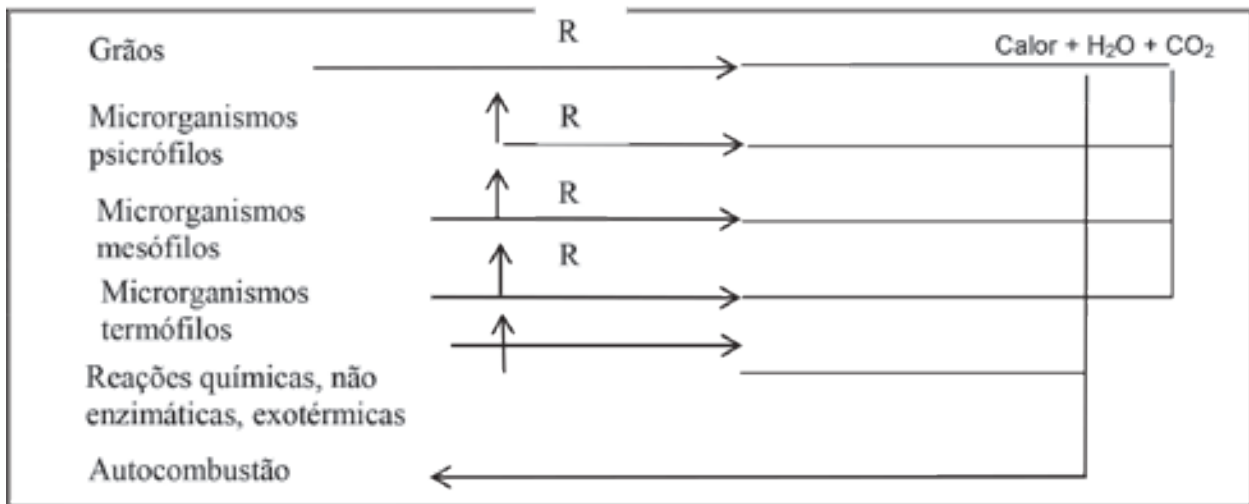
Em qualquer sistema de armazenamento, no mínimo, estarão juntos grãos, ar e microrganismos. Os grãos são organismos armazenados vivos. Em consequência, respiram, produzindo água, calor e gás carbônico, da mesma forma que ocorre com os organismos associados, iniciando-se uma série de reações e fenômenos sequenciais.

A deterioração dos grãos é inexorável e irreversível, depende da temperatura, das variações da umidade e do ataque de pragas e microrganismos, podendo apenas ser atenuada por adequado manejo.

Como têm baixa condutibilidade térmica, o calor se acumula, aumenta a temperatura, intensificando o metabolismo dos próprios grãos e dos organismos associados.

O aquecimento produzido pelo metabolismo dos grãos, associado aos dos microrganismos, insetos e ácaros, provoca alterações nas dinâmicas metabólicas, que começam com o metabolismo dos grãos, acumulando calor e água, o que estimula, inicialmente, desenvolvimento de microrganismos psicrófilos, seguidos dos mesófilos e dos termófilos.

Insetos e ácaros se desenvolvem na mesma condição ambiental dos mesófilos. Todos esses processos consomem reservas e liberam calor e água, gerando fenômenos de autoaceleração, uma vez que os produtos das reações são aceleradores delas próprias. Essa sequência é denominada *dinâmica metabólica* (Fig. 5). A aeração remove o calor e uniformiza a temperatura do sistema.



**FIGURA 5.** Dinâmica metabólica no armazenamento.

Em geral, os metabolismos paralisam acima de 50-55°C, pela inativação das enzimas, que são substâncias termolábeis, ainda que microrganismos termófilos possam suportar temperaturas mais elevadas, mas também acabam sendo destruídos pelo calor quando ultrapassa sua termorresistência.

Desaparecem todas as formas de vida e as enzimas são inativadas. A partir daí, com o grande acúmulo de energia liberada no sistema, reações químicas não enzimáticas continuam ocorrendo. As exotérmicas, como oxidação de lipídios, liberam calor para o meio, até atingir uma quantidade tal que pode chegar à autocombustão. Começa com metabolismos e continua na oxidação não bioquímica.

Se o sistema for hermético, o CO<sub>2</sub> produzido estabiliza o processo e cessa a respiração, com a diminuição da relação oxigênio/gás carbônico. Esse é um dos mecanismos de ação do sistema. Se não for hermético, o gás vai para a atmosfera.

O manejo dos sistemas onde predomina respiração anaeróbia deve ser feito com medidas preventivas, pois a termometria só é eficiente para detectar metabolismo aeróbio. Em armazenamento a granel é recomendável aerar uma vez a cada intervalo de 30 a 60 dias, preventivamente, apenas para acabar com a anaerobiose, mesmo que não sejam registrados aumentos de temperatura.

A perda do valor nutritivo é diretamente proporcional aos processos respiratórios. Se a temperatura aumenta é sinal que aumentou a respiração. Para diminuir a temperatura os grãos devem ser aerados ou deve ser usado resfriamento artificial.

Exaustores eólicos podem ser usados na armazenagem a fim de auxiliar no processo de remoção de calor e reduzir a condensação na superfície dos grãos, pois reduzem o consumo de energia e o tempo de aeração, ao mesmo tempo em que aumentam a eficiência da aeração e auxiliam na preservação da qualidade dos grãos.

Na Tabela 3 são apresentados de uma pesquisa do Laboratório de Grãos da UFPEL em 9 meses de armazenamento, em consequência da redução do tempo necessário de aeração (Tab. 4). Os dados mostram que o sistema complementar eólico de exaustor provocou redução superior a 13% no consumo de energia elétrica em comparação com os silos sem este dispositivo, demonstrando a eficiência e a economicidade desta técnica de manejo na exaustão do ar quente. Outras informações da pesquisa dão conta que o sistema com os exaustores melhorou a preservação da qualidade dos grãos de arroz em que foi testado.

**TABELA 3.** Consumo de energia (KWh) para aeração de manutenção de grãos de arroz em casca durante o armazenamento, com sistema de exaustão eólica e sem o sistema

|              | mês de armazenamento |          |          |          |
|--------------|----------------------|----------|----------|----------|
|              | Inicial              | 3°       | 6°       | 9°       |
| Com exaustor | 0                    | 16.011 b | 24.500 b | 25.824 b |
| Sem exaustor | 0                    | 17.454 a | 27.913 a | 29.236 a |
| Com exaustor | 0                    | 16.011 b | 24.500 b | 25.824 b |
| Sem exaustor | 0                    | 17.454 a | 27.913 a | 29.236 a |

Letras minúsculas diferentes, na mesma coluna, indicam diferenças a 5% de significância

**TABELA 4.** Tempo (horas) de aeração de manutenção de grãos de arroz em casca durante o armazenamento, com sistema de exaustão eólica e sem o sistema

|              | mês de armazenamento |          |            |            |
|--------------|----------------------|----------|------------|------------|
|              | Inicial              | 3°       | 6°         | 9°         |
| Com exaustor | 0                    | 725,66 b | 1.110,38 b | 1.170,40 b |
| Sem exaustor | 0                    | 791,06 a | 1.265,04 a | 1.325,03 a |

Na operação de aeração, é recomendável seguir as seguintes recomendações básicas:

- Iniciar o processo de aeração assim que os dutos estejam cobertos.
- Continuar a aeração até próximo ao equilíbrio das temperaturas do ar e dos grãos.
- A temperatura da massa de grãos deve ser a mais baixa possível (ideal < 16°C).
- Evitar perdas de ar.
- Verificar se o sentido de rotação do ventilador está correto.
- Inspecionar diariamente a superfície da massa de grãos verificando fluxo de ar, umidade e temperatura.
- A aeração deve ser realizada sempre que as condições do ar (climáticas da região ou por condicionamento) permitam.

## REFERÊNCIAS

BURGES, H. D. & BURRELL, N.J. Cooling bulk grain in the British climate to control storage insects and to improve keeping quality. *J. Sci. Food Agric.*, v 15, p. 32–50. 1964.

CHONG-HO, L.; CHUNG, D.S. Grain Physical and Thermal Properties related to drying and aeration. Disponível em [http://aci.gov.au/files/node/316/grain\\_drying...](http://aci.gov.au/files/node/316/grain_drying...) 2017

ELIAS, M.C. Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos. 1. ed. Pelotas: Santa Cruz. 368p., 2008.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; LANG, G.H., VANIER, N.L. Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil. 2. ed. Pelotas: Editora Santa Cruz, v. I. 475p., 2017.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N, L. Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos no armazenamento. In: LORINI, I.; MIKE, L. H.; SCUSSEL, V.M.; FARONI, L.R.D`A. Armazenagem de Grãos. 1. ed. Jundiaí, SP: Instituto Bio Geneziz, 2018. v. 1. 1031p

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; LANG, G.H.; VANIER, N, L. Certificação de unidades armazenadoras de grãos e fibras no Brasil. 3. ed. Pelotas: Ed. Santa Cruz, v. I. 375p., 2017.

HAMMANI, F.; MABROUK, S.B.; MAMI, ABDELKHADER, M. Numerical investigation of low relative humidity aeration impact on the moisture content of stored wheat. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*, 16p., 2016.

KANUJOSO, B.; CHUNG, D.S.; SONG, A.; ERICKSON, L.E. Study of desorption and adsorption during grain aeration. *Drying Technology*, p. 183-96, 2007.

LOPES, D.C.; MARTINS, J.H.; LACERDA Fº, A.F.; MELO, E.C.; MONTEIRO, P.M.B.; QUEIROZ, D.M. Aeration strategy for controlling grain storage based on simulation and on real data acquisition. *Computers and Electronics in Agriculture*. 63:2, p. 140-6, 2008.

NAVARRO, S., NOYES, R.T., CASADA, M.E., ARTHUR, F.H. Grain aeration. In: Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., and Cuperus, G., editors. *Stored Product Protection*. Manhattan, KS: Kansas State University Research and Extension. p.121-134, 2012

NAVARRO, S.; NOYES, R.T. The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management. V. 1, 635 p. 2002.

PARAGINSKI, R.T.; VANIER, N.L.; MOOMAND, K.; OLIVEIRA, M.; ZAVAREZE, E.R.; SILVA, R.M.; FERREIRA, C.D.; ELIAS, M.C. Characteristics of starch isolated from maize as a function of grain storage temperature. *Carbohydrate Polymers*, v. 102, p. 88-94, 2014.

PARAGINSKI, R.T.; ZIEGLER, V.; PETER, M.; ROCKENBACH, B.A.; ELIAS, M.C. Physicochemical and sensory properties of popcorn grain stored at different temperatures. *Current Agricultural Science and Technology*, v. 22(1), p. 14-23, 2016.

PERES, W.B. *Manutenção da qualidade de grãos armazenados*. Pelotas: Edigraf UFPEL, 54 p. 2001.

SILVA, W.; VANIER, N.L.; ZIEGLER, V.; DE OLIVEIRA, M.; DIAS, A.R.; ELIAS, M.C. Effects of using eolic exhausters as a complement to conventional aeration on the quality of rice stored in metal silos. *Journal of Stored Products Research*, v. 59, p. 76-81, 2014.

YUE, R.; ZHANG, Q. A pore-scale model for predicting resistance to airflow in bulk grain. *Biosystems Engineering*, v. 155, p. 142-152, 2017.

***TRABALHOS EM PÔSTER***

---