

## **Estruturas para armazenagem de grãos a granel**

**Por: Luís César da Silva**

### **1. Introdução**

Na cadeia produtiva de grãos, as unidades armazenadoras devem apresentar adequadamente projetadas, estruturadas e gerenciadas para a recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição.

Dessa forma, esse sistema deve possuir: (i) maquinários: máquinas de pré-limpeza, máquinas de limpeza e secadores; (ii) transportadores de grãos, como: correias transportadoras, elevadores, redlers e transportadores helicoidais ou pneumáticos; e (ii) estruturas para o acondicionamento dos grãos durante o pré-processamento, tais como: moegas, silos-pulmão, silos para seca-aeração, silos e, ou graneleiros para armazenagem, e sistema de expedição.

A disposição das estruturas pode-se dar, por exemplo, conforme o leiaute apresentado na Figura 01, em que a unidade conta com um silo-pulmão, quatro moegas, um secador, casa de máquinas onde são instaladas as máquinas de pré-limpeza e limpeza, dois silos destinados à seca-aeração e as estruturas para armazenagem e expedição. Complementa a estrutura o setor de recepção que deve contar com um laboratório de análise de grãos e balança rodoviária. Quanto à lógica operacional é apresentado o fluxograma na Figura 02.

### **2. Moegas**

As moegas são estruturas empregadas para recepção de produto a granel. Em um projeto de unidades armazenadoras a capacidade estática e o número de moegas são definidos em função dos seguintes parâmetros: (i) tipos de produtos que serão recebidos e se será ao mesmo tempo; (ii) expectativa horária de recebimento; (iii) horário de funcionamento do setor de recepção; (iv) expectativa da extensão máxima de caminhões na fila e (iv) tempo de retenção, o que será definido de acordo com o fluxo horário do setor de secagem.

#### **Abstract**

#### **Storage Grain Structures**

(Federal University of Espírito Santo - Food Engineering Department - Technical Bulletin: AG: 02/10 - 10/20/2010, Revised: 07/16/2015)

*This technical bulletin describes structure used for storing bulk grain in Brazil. At the supply chain of grain, the storage, grain facilities need to be properly designed, structured and managed for the reception, cleaning, drying, storage and dispatch. Thus, this system must include: (i) machinery: pre-cleaning machines, cleaning machines and dryers; (ii) grain conveyors, such as conveyor belts, bucket elevator, redlers and screw conveyors or pneumatic conveyors; and (ii) structures for storing grains during preprocessing, such as pits, wet holding bins, drying aeration bins, silos and or flat storage and shipping system.*

Dr. Luís César Silva – website: [www.agais.com](http://www.agais.com)

Um cuidado a ser observado no projeto de moegas é que todas as faces internas devem possuir ângulo de inclinação superior a 40°. Desse modo, mesmo a massa de grãos apresentando altos teores de água e impurezas não ficará retida em razão do maior ângulo de repouso que ocorre para essa situação.

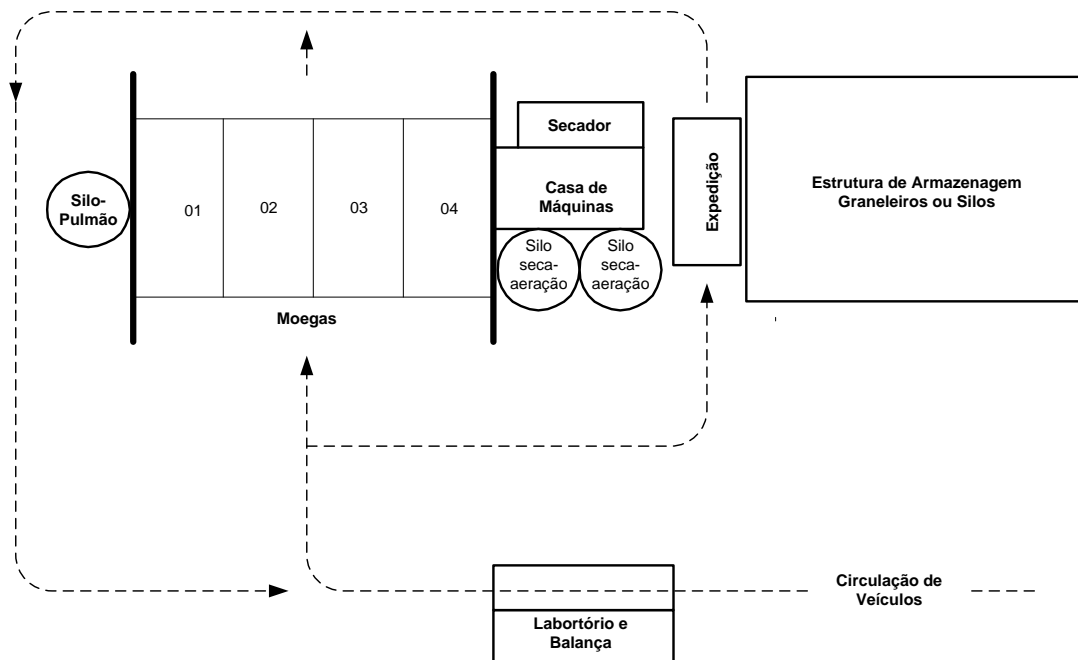
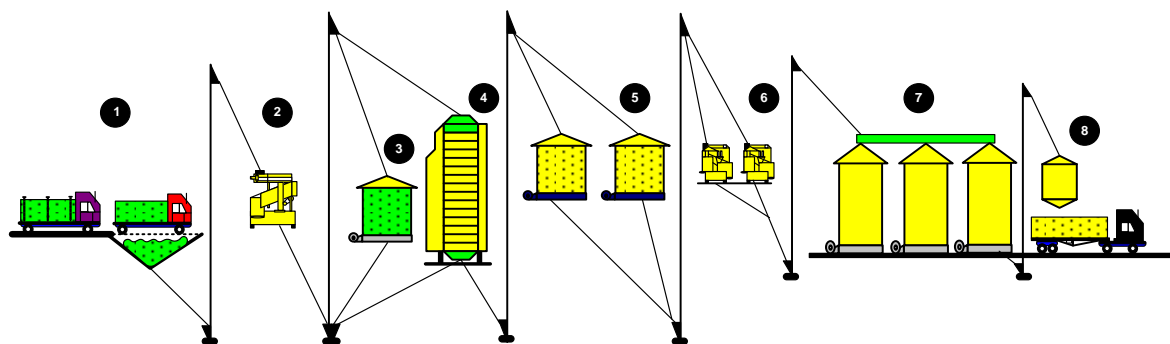


Figura 01 – Leiaute básico de uma unidade armazenadora a granel.



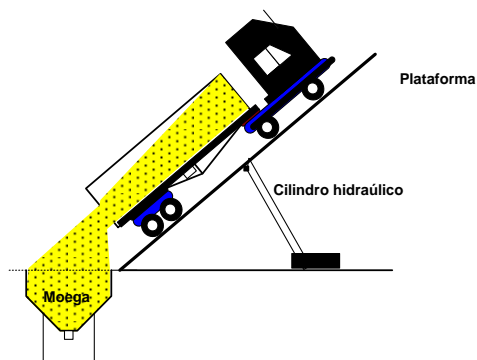
Legenda

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 Moega                  | 5 Silo para seca-aeração |
| 2 Máquina de pré-limpeza | 6 Máquinas de limpeza    |
| 3 Silo-pulmão            | 7 Setor de armazenagem   |
| 4 Secador                | 8 Expedição              |

Figura 02 – Fluxograma básico de uma unidade armazenadora a granel.

Normalmente, a descarga de um caminhão de 25 toneladas dura de 8 a 15 minutos. Para diminuir esse tempo, a valores próximos de 5 minutos, algumas unidades têm empregado o equipamento denominado tombador (Figura 03), em que o veículo carregado estaciona sobre uma superfície, que é inclinada entre 40 a 45°. Para o acionamento é

empregado motores elétricos com potências entre 10 a 100 cavalos a depender da capacidade do caminhão.



**Figura 03** – Desenho esquemático tombador empregado para descarga de caminhões.

## 2.2 Silo-pulmão

O emprego do silo-pulmão (Figura 04) tem por objetivo a armazenagem temporária de produto úmido, quando o fluxo horário de setor de secagem não está sendo suficiente para esvaziar as moegas em tempo hábil. Isso faz ocorrer o aumento da extensão das filas de caminhões carregados, o que gera transtornos aos usuários e pode afetar a qualidade do produto por viabilizar a proliferação de fungos e conseqüentemente a metabolização de micotoxinas.



**Figura 04** – À esquerda dois secadores de fluxos mistos e a direita um silo-pulmão com fundo inclinado (Divulgação – Page).

O ideal é proceder a pré-limpeza do produto a ser depositado no silo-pulmão. Com esse procedimento a carga de microrganismos como fungos e bactérias é reduzida. Conseqüentemente, a possibilidade de elevação da temperatura da massa de grãos é minimizada.

Um detalhe técnico para silos-pulmão é que o sistema e de insuflação de ar deve apresentar capacidade de aplicação de 300 a 600 litros de ar ambiente por minuto por tonelada de produto.

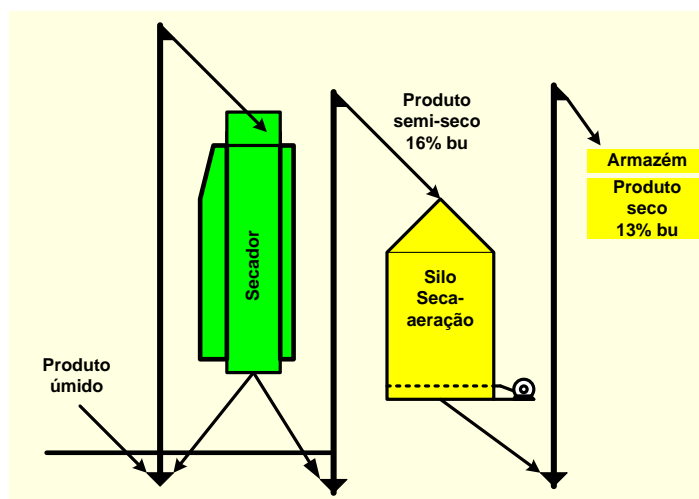
No dimensionamento da capacidade estática do setor de silos-pulmões deve-se levar em consideração: (i) o número de tipos de produtos que serão recebidos ao mesmo tempo; (ii) as capacidades horárias de recepção e de secagem; e (iii) o tempo de retenção que não deve ultrapassar 12 horas.

Quanto à forma estrutural o ideal é que os silos-pulmão tenham fundo inclinado para facilitar a descarga de produto úmido, que normalmente apresentam maiores ângulos de repouso do que quando secos. Além do emprego de silos metálicos para o desempenho da função de silo-pulmão algumas unidades empregam armazéns graneleiros com fundo em V, que devem contar com sistema de insuflação de ar.

Durante a retenção de produtos úmidos no silo-pulmão a temperatura da massa de grãos deve ser mantida a valores abaixo de 30 °C, quanto menor melhor. Isso é feito para reduzir, principalmente, a proliferação de fungos do gênero *Fusarium* que podem produzir as micotoxinas zearalenona, desoxinivalenol (DON), ou T2, que causam intoxicações alimentares em humanos e animais. Esses microrganismos têm como temperaturas ótimas para o desenvolvimento valores próximos a 30 °C.

### 2.3 Silos para seca-aeração

A seca-aeração é um procedimento operacional, em que nos secadores os grãos são secos até o teor de água entre 14 a 16% e não são resfriados. Em seguida, o produto quente (aproximadamente 50 °C) é transferido a um silo, onde permanece em descanso por um período de 4 a 8 horas e finalmente aplica-se um fluxo ar a temperatura ambiente para complementação da secagem e redução da temperatura. Vide a representação esquemática na Figura 05.



**Figura 05** – Representação esquemática de um sistema organizado para realização de seca-aeração.

Normalmente, são empregados silos metálicos para realização do processo de seca-aeração, que, preferencialmente, deve possuir fundo perfurado e o sistema de insuflação com capacidade de aplicação de 500 a 1000 litros de ar por minuto por tonelada de produto.

As capacidades estáticas e número de silos para seca-aeração são definidos em função do fluxo horário do setor de secagem e número de produtos que utilizam o sistema de seca-aeração simultaneamente.

Para proceder à seca-aeração na secagem de milho, pode ser utilizado o seguinte procedimento operacional: (i) depositar durante um dia de operação as cargas provenientes do secador no silo seca-aeração, suponha que isto encerre as 22:00 horas; (ii) deixar o produto em descanso por oito horas; (iii) na manhã do dia seguinte acionar os ventiladores até as 18:00 em seguida deve ser esvaziar o a silo para que o mesmo esteja pronto para ser carregado novamente. Desse modo, a unidade deve contar no mínimo com dois silos para seca-aeração. Importante: ao se trabalhar com seca-aeração o grão não deve ser resfriado no secador. Desse modo, a câmara de resfriamento do secador é transformada em câmara de secagem caracterizando a secagem em torre inteira; ou então transformada em câmara de descanso.

Ao final do período de safra os silos destinados a seca-aeração podem ser empregados para armazenar de produtos secos.

## **2.4 Setor de armazenagem**

A armazenagem de grãos a granel pode ser realizada em graneleiros ou em silos construídos em chapas metálicos, alvenaria, madeira ou concreto.

### **a) Graneleiros**

Os graneleiros são edificações que surgiram no Brasil na década de 70, quando alguns armazéns convencionais tiveram as paredes laterais reforçadas para acondicionar grãos a granel.

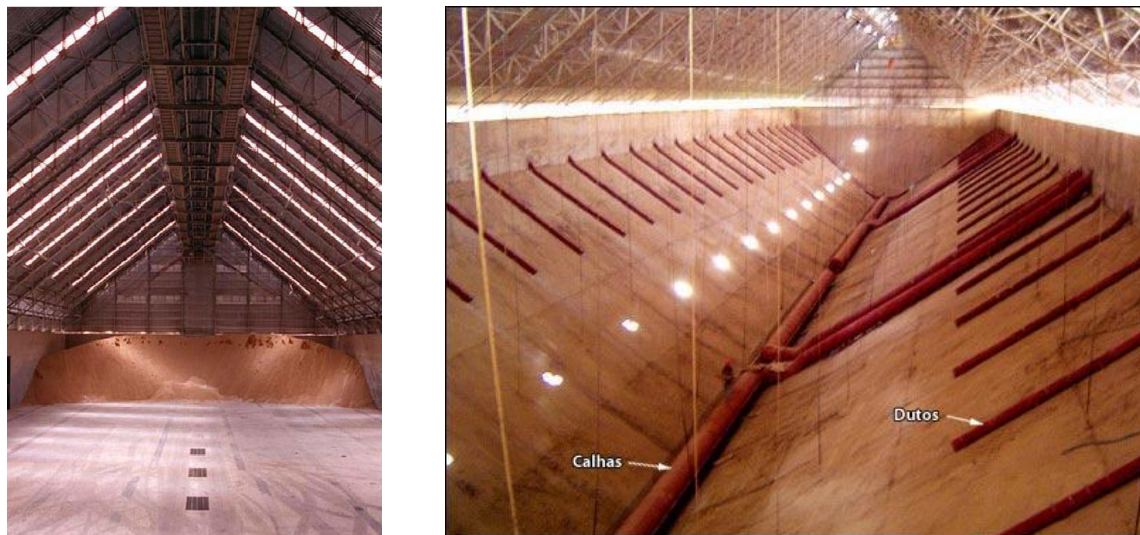
Os armazéns graneleiros caracterizam por possuir grandes comprimentos, exemplo 120 m, e largura variando 15,0 a 30,0 m. Desse modo, a dimensão horizontal prevalece sobre a vertical. O fundo dos graneleiros pode ser plano - Figura 06a; semi-V; em V – Figura 6b, ou em W.

Internamente os graneleiros são divididos em células, o que permite a armazenagem de produtos diferentes e a capacidade estática pode variar de 35.000 a 150.000 toneladas

A exceção dos graneleiros de fundo plano, os demais requerem escavações que podem atingir até 15 m de profundidade. Desse modo, especial atenção deve ser dada no levantamento geotécnico, quando a variação do nível do lençol freático. Isso é para evitar a



infiltração de água nos tuneis e paredes do graneleiro, principalmente, nos períodos chuvosos quando há elevação do lençol freático.



(a)

(b)

**Figura 06** – Detalhe de um graneleiro fundo plano (a Terminal de Grãos do Uruguai) e fundo em “V” (b) equipando com sistema de aeração (Divulgação - Aeroter).

### b) Silos

Os silos podem ser construídos em chapas metálicas, alvenaria, madeira ou concreto.

#### Silos metálicos

Os silos metálicos para serem montados requerem a edificação de fundações, Figura 07. E a montagem tem início pela cobertura e em sequência o anel superior, que são erguidos para montagem dos anéis inferiores até ser atingida a altura de cilindro desejada.

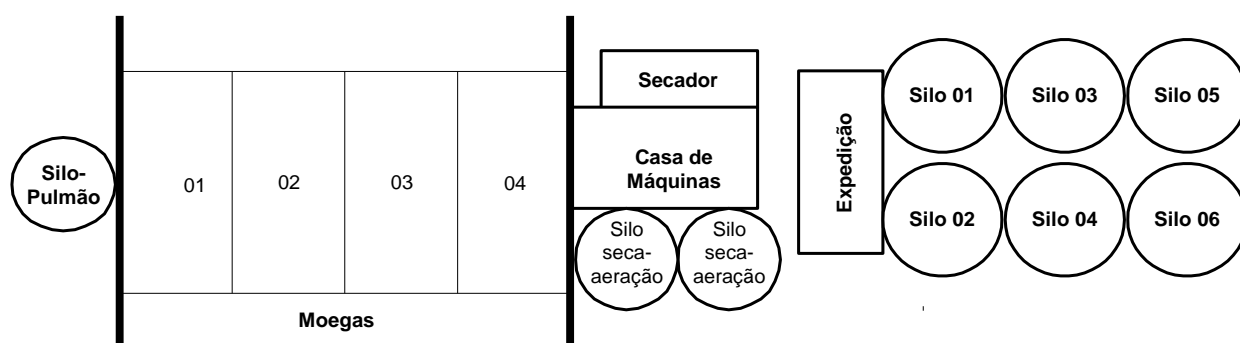
A expansão do uso de silos metálicos no Brasil acelerou durante os anos noventa, quando os fabricantes nacionais equiparam e passaram a ter disponível no mercado siderúrgico chapas metálicas para essa finalidade.

Atualmente o mercado brasileiro conta com diversos fornecedores e a capacidade estática dos silos varia de 18 a 35.000 toneladas.

Quanto à montagem do conjunto de silos metálicos, também denominado bateria de silos, pode se dar em leiautes com disposição circular ou o linear, Figura 08.



**Figura 07** – Fundações para montagem de silo metálico (Divulgação – CASP).



**Figura 08** – Leiaute unidade armazenadora com bateria de seis silos metálicos em disposição linear.

A disposição circular apresenta por vantagem a menor necessidade de transportadores para conduzir o fluxo de grãos na horizontal, mas evidentemente tem a limitação do número de silos.

Quanto à disposição linear, além do uso de transportadores para elevação do produto, exemplo elevadores de caçamba, há a necessidade do emprego de transportadores para condução do fluxo de produto na horizontal para promover o abastecimento e descarga dos silos. Normalmente, são empregadas correias transportadoras ou redlers. Esses equipamentos são montados em galerias sobre os silos, ou em túneis na parte inferior, como as finalidades de carregar e descarregar os silos.

#### Silo em alvenaria

Os silos de alvenaria são ideais para armazenagem em nível de fazenda. Estes são estruturas construídas em alvenaria com vigas de concreto. Normalmente, o diâmetro é

entorno de 3,0 metros e altura de cilindro de 3,0 metros o que corresponde a uma capacidade estática de 16 toneladas, 265 sacas de sessenta quilos. O uso dessa modalidade de silo é muito difundido no estado do Rio Grande do Sul com apóio dos técnicos da [EMATER-RS](http://www.emater-rs.com).

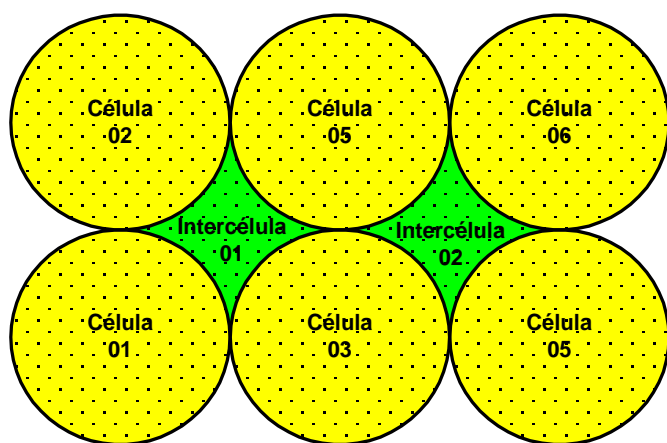
#### Silo em madeira

Os silos em madeira no Brasil, normalmente, são utilizados em instalações de beneficiamento de café e recebem o nome de tulha. As tulhas possuem seção quadrática ou retangular e o fundo inclinado para facilitar a descarga.

#### Silo em concreto

Os silos em concreto caracterizam por possuírem grandes alturas, 30 a 40 metros, o equivalente a um edifício de 12 andares, Figura 09. Este tipo de estrutura, normalmente, é encontrado em portos ou em unidades de moagem de trigo ou de processamento de soja.

Apresentam por vantagem o estabelecimento de um ambiente de armazenagem estável no que se refere à variação de temperatura, visto que as paredes em concreto apresentam como isolante térmico.



(a)



(b)

**Figura 09** - Silos em concreto – (a) leiaute com seis células e duas intercélulas; (b) silos em concreto unidade armazenadora da CASEMG, Uberaba – MG.

Conforme representado na Figura 09, a armazenagem de produto ocorre nas células circulares e no espaço intercélulas. Devido ao alto custo de implantação e a impossibilidade de desmontagem da estrutura, a decisão de construir uma unidade com



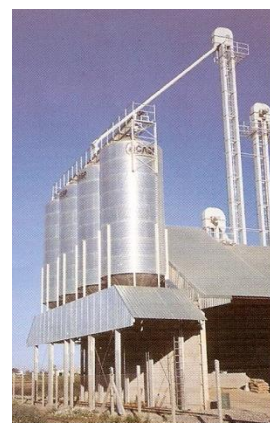
silos em concreto deve fundamentar em rigorosa análise de preceitos técnicos, econômicos e ambientais.

#### 2.4 Setor de expedição

O sistema de expedição, Figura 10, consiste em um depósito elevado abaixo do qual é estacionado para carregamento caminhões ou vagões ferroviários. O depósito pode ser construído em concreto, chapas metálicas, ou ainda ser empregado silos metálicos. Todas essas estruturas devem possuir fundo inclinado para propiciar a descarga por gravidade com fluxo de aproximadamente 360 toneladas de produto por hora.



(a)



(b)

**Figura 10** – Expedição: (a) rodoviária com depósito construído em concreto (Terminal de Grãos do Uruguai) e (b) ferroviária com depósito constituído de silos metálicos (Divulgação – CASP).

Devido ao maior grau de dificuldade no carregamento de vagões, normalmente, os sistemas de expedição ferroviária contam com balanças ferroviárias ou de fluxo, que são equipadas com circuitos eletromecânicos para permitir o carregamento segundo a quantidade requerida.

#### 2.5 Sistemas alternativos de armazenagem temporária a granel

Os sistemas alternativos são indicados, principalmente, para regiões de fronteira agrícola, que normalmente são desprovidas de estruturas de armazenagem. E dentre os sistemas difundidos no Brasil têm-se o silo bolsa, Figura 11, e o silo carancho, Figura 12.

Para se ter sucesso nesses tipos de armazenagem recomenda-se que o produto apresente adequadamente limpo, seco, e como baixos índices de grãos quebrados e trincados e devidamente tratado para não proliferação de insetos. Os teores de água recomendados para milho, soja e trigo devem ser inferiores a 14%, e girassol 11%. Essas recomendações são para minimizar os riscos de proliferação de insetos e fungos.

No caso do silo bolsa uma das vantagens segundo os fabricantes é o aumento da concentração de gás carbônico no espaço intergranular, o que minimiza o desenvolvimento de insetos.



**Figura 11** – Silo bolsa (Divulgação: Silo Grãos – [www.silograo.agr.br](http://www.silograo.agr.br)).



**Figura 12** – Silo carancho (divulgação: [www.siloscarancho.com](http://www.siloscarancho.com)).

### 3. Referências

[Agroecologia e Desenv. Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 6, n. 1/2, p. 8-25, jan./nov., 2013](#)

CARDOSO, M. L.; BARTOSIK, R. E.; RODRIGUEZ, J. C. **Almacenaje de Granos en Bolsas Plásticas Herméticas**. INTA – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária. Disponível em: [http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/indices/tematica/agric/posco/silo-bolsa\\_recomendaciones\\_generales.pdf](http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/indices/tematica/agric/posco/silo-bolsa_recomendaciones_generales.pdf). Acesso em: 22/12/2010

SILVA, J. S. [editor] **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.

SILVA, J. S.; BEBERT, P. A. **Colheita, secagem e armazenagem de café**. Juiz de Fora: Editora Aprenda Fácil, 1999. 137 p.

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola**. Editora. Livraria e Editora Agropecuária, Guaíba: RS. 2001. 396 p.

Catálogos de fabricantes [acesso pelo site [http://www.agais.com/emp\\_nacional.htm](http://www.agais.com/emp_nacional.htm)]