

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

**Monitoramento da Secagem de Milho em Secador Intermitente de
Coluna e Cavalete**

Adair Luiz Sulzbacher

PELOTAS
2013

Adair Luiz Sulzbacher

Monitoramento da Secagem de Milho em Secador Intermitente de Coluna e Cavalete

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia de Sementes.

Orientador: Dr. Francisco Amaral Villela

Pelotas, 2013

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S949m Sulzbacher, Adair Luiz

Monitoramento da secagem de milho em secador
intermitente de coluna e cavalete / Adair Luiz Sulzbacher ;
Silmar Teichert Peske, orientador. — Pelotas, 2013.

80 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas,
2013.

1. Secagem. 2. Sitrad. 3. Temperatura. 4. Trincas. 5.
Proteína bruta. I. Peske, Silmar Teichert, orient. II. Título.

CDD : 633.15

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Adair Luiz Sulzbacher

Monitoramento da Secagem de Milho em Secador Intermitente de Coluna e Cavalete

Dissertação aprovada, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre Profissional, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

Prof. Dr. Silmar Teichert Peske

Profa. Dra. Gizele Ingrid Gadotti

Engº Agrícola Dr. Wilner Brod Peres

Resumo

SULZBACHER, Adair Luiz. **Monitoramento da Secagem de Milho em Secador Intermitente de Coluna e Cavalete**. Orientador: Francisco Amaral Villela 2013. 82f. Dissertação (Mestrado) – UFPEL 2013.

O processo de secagem de grãos e sementes é etapa fundamental no recebimento dos produtos agrícolas e sua correta aplicação permite menores perdas qualitativas durante os períodos de beneficiamento e armazenamento. Diante deste cenário, é importante que se domine e se planeje as operações de secagem, tirando o máximo proveito dos equipamentos sem prejudicar a qualidade do grão ou semente, escolhendo o equipamento e processo que melhor se adaptem a sua necessidade e realidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade dos grãos (trincas relacionadas a variação de temperatura) grãos de milho em dois secadores: intermitente de colunas e cavalete, variando a temperatura de secagem do ar durante a secagem. Durante o processo foram monitorados os parâmetros físicos (amostras, umidade, temperatura ar de secagem, temperatura da massa de grãos). Foi utilizado o sistema Sitrad para monitoramento da temperatura do ar de secagem, e foram coletadas amostras para análise. Observou-se que o aumento da temperatura na entrada do secador na câmara quente, não é proporcional na torre de secagem, ou seja, que à partir de uma determinada temperatura o adicional de temperatura é lançado para atmosfera pelos ventiladores. Com software de monitoramento de temperatura constatou-se que, durante a noite, tem-se muito picos de temperatura, ou seja, leva-se a temperatura ao máximo para demorar mais tempo para alimentação da fornalha e, assim não se mantém uma temperatura constante. Pode-se concluir que há uma tendência de menos trincas no secador de cavalete utilizando o resfriamento da massa de grãos.

Palavras-chave: Secagem, Sitrad, Temperatura, Trincas, Proteína Bruta, Extrato Etéreo.

Abstract

SULZBACHER, Adair Luiz. **Monitoring corn drying in intermittent columns and trestle dryers**. Adviser: Francisco Amaral Villela. 2013. 82f. Master thesis – Federal University of Pelotas. 2013.

The drying process of grains and seeds is a fundamental step for agricultural products and its correct application allows smaller qualitative losses during periods of processing and storage. Given this scenario, it is important to master the drying process, taking full advantage of equipment without harming the quality of the grain or seed, choosing the equipment and process that best suit the needs. The main objective of this study was to evaluate the grain quality (cracks related to temperature variation) of corn in two dryers: intermittent columns and trestle, varying the temperature of the drying air. During the process it was monitored physical parameters (moisture, drying air temperature, temperature of the seed). Sitrad system was used to monitor the temperature of the drying air, and samples were collected for analysis. It was observed that increasing the inlet temperature of the dryer hot chamber is not proportional to the drying tower, that is, starting from a certain temperature the temperature is further released to the atmosphere by the fans. Temperature monitoring software showed that during the night, there is plenty peak temperatures, and so does not maintain a constant temperature. It can be concluded that there is a trend of fewer cracks using a seed mass cooling system.

Keywords: Drying, Sitrad, Temperature, Cracks, Crude Protein, Ether Extract.

Lista de Figuras

	Página
Figura 1 – Demonstração do processo de secagem (A)	04
Figura 2 – Demonstração do processo de secagem (B)	05
Figura 3 – Estrutura física do grão	05
Figura 4 – Taxa de secagem	06
Figura 5 – Gradiente interno	06
Figura 6 – Agentes do processo de secagem	07
Figura 7 – Métodos de secagem	08
Figura 8 – Silo Secador - Secagem a baixa temperatura	09
Figura 9 – Fluxo cruzado	10
Figura 10 – Fluxo ar misto (A)	11
Figura 11 – Fluxo ar misto (B)	11
Figura 12 – Fluxo ar misto, tipo cavalete	12
Figura 13 – Fluxo ar misto, tipo coluna	12
Figura 14 – Mapa de localização	18
Figura 15 – Vista area da unidade	19
Figura 16 – Vista Parcial da aérea de secagem, Ibiporã – PR	19
Figura 17 – Vista Parcial da aérea de secagem, Ibiporã – PR	21
Figura 18 – Fluxo da torre de secagem	22
Figura 19 – Partes do secador	22
Figura 20 – Fluxo do ar do secador	23
Figura 21 – Fluxo do ar do secador, coluna inteira	24
Figura 22 – Fluxo do ar do secador, com resfriamento	25
Figura 23 – Torre de secagem (A)	26
Figura 24 – Torre de secagem (B)	27
Figura 25 – Mesa de descarga do secador	28
Figura 26 – Regulagem da mesa de descarga do secador	28
Figura 27 – 1º Passo para regulagem da mesa de descarga do secador	29
Figura 28 – 2º Passo para regulagem da mesa de descarga do secador	29
Figura 29 – 3º Passo para regulagem da mesa de descarga do secador	30
Figura 30 – 4º Passo para regulagem da mesa de descarga do secador	30
Figura 31 – Vista secador da comil	33
Figura 32 – Foto secador da comil	34
Figura 33 – Partes do secador da Comil	35
Figura 34 – Fluxo do secador da Comil (A)	36
Figura 35 – Fluxo do secador da Comil (B)	37
Figura 36 – Resumo do fluxo do produto entre a moega, secagem e armazenagem	38
Figura 37 – Registro da temperatura do ar de entrada na câmara quente ...	40
Figura 38 – Leitura da temperatura no campo	41
Figura 39 – Leitura da temperatura no sistema Sitrad, no software	41
Figura 40 – Leitura da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 1, entrada de ar na câmara quente	42
Figura 41 – Resumo das Leituras da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 1, entrada de ar na câmara quente	43
Figura 42 – Leitura da temperatura no sistema Sitrad, no software, estacao 2, entrada do ar em contato com a massa de grão	43

Figura 43 – Resumo das Leituras da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 2, entrada do ar em contato com a massa de grão	44
Figura 44 – Banco de dados das leituras armazenadas	44
Figura 45 – Leituras da temperatura da massa de grão	45
Figura 46 – Leituras da temperatura da massa de grão	45
Figura 47 – Leituras da temperatura da massa de grão	46
Figura 48 – Amostras para encaminhar para laboratório para análise	46
Figura 49 – Amostras para encaminhar para laboratório para análise	47
Figura 50 – Umidade entrada X umidade saída X tempo secagem	50
Figura 51 – Temperatura grão media X temperatura máxima na amostra de saída do secador durante a descarga do lote após a secagem	50
Figura 52 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de máxima e media	51
Figura 53 – Proteína bruta e estrato etéreo em função da temperatura de secagem câmara quente e temperatura da massa de grão	52
Figura 54 – Danos mecânicos de acordo com a temperatura de secagem câmara quente e temperatura na massa grão	53
Figura 55 – Umidade entrada X umidade saída X tempo secagem	58
Figura 56 – Temperatura grão media X temperatura máxima na amostra de saída do secador durante a descarga do lote após a secagem	59
Figura 57 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de máxima e media	60
Figura 58 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de media	60
Figura 59 – Proteína bruta e estrato etéreo em função da temperatura de secagem câmara quente e temperatura da massa de grão	62
Figura 60 – Danos mecânicos de acordo com a temperatura de secagem câmara quente e temperatura na massa grão	63
Figura 61 – Umidade entrada X umidade saída X tempo secagem	65
Figura 62 – Temperatura grão media X temperatura máxima na amostra de saída do secador durante a descarga do lote após a secagem	66
Figura 63 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de máxima e media	66
Figura 64 – Proteína bruta e estrato etéreo em função da temperatura de secagem câmara quente e temperatura da massa de grão	67
Figura 65 – Danos mecânicos de acordo com a temperatura de secagem câmara quente e temperatura na massa grão	68

Lista de Tabelas

Página

Tabela 1 – Secador 1, marca Silomax, secagem coluna inteira, temperaturas do ar de secagem na media na câmara de ar quente	39
Tabela 2 – Secador 2, marca Comil, secagem coluna inteira, temperaturas do ar de secagem na media na câmara de ar quente	39
Tabela 3 – Secador 2, marca Comil, secagem com resfriamento, temperaturas do ar de secagem na media na câmara de ar quente	39
Tabela 4 – Análises secador 1 Silomax, coluna inteira	48
Tabela 5 – Análises secador 2 Comil, coluna inteira	54
Tabela 6 – Analises secador 2 Comil, com resfriamento	64

Sumário

Página

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Objetivo Geral	02
1.2 Objetivos Específicos	02
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1 Fundamentos do Processo de Secagem (Transferência de Massa e Energia Térmica)	03
2.2 Agentes do Processo de Secagem	07
2.3 Métodos de Secagem	07
2.4 Secagem em Baixas Temperatura	08
2.5 Secagem a Altas Temperatura	10
2.6 Secagem Correta	13
2.7 Secagem Incorreta	13
2.8 Prevenção de Secagem	13
2.9 Considerações Gerais	14
2.9.1 Demora na Secagem	14
2.9.2 Capacidade de Secagem	14
2.9.3 Danos Mecânicos	14
2.9.4 Temperatura de Secagem	14
2.9.5 Velocidade de Secagem	15
2.9.6 Danos Térmicos	15
2.9.7 Fluxo de Ar	16
2.9.8 Super Secagem	16
2.9.9 Uniformização ou Homogeneização da Umidade	16
2.9.10 Desconto da Umidade	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização e Estrutura	18
3.2 Secagem	20
3.2.1 Secador	20
3.2.1.1 Modelo secador 1 – Silomax	20
3.2.1.2 Fluxo Produto no Secador	21

3.2.1.3 Parte do Secador	22
3.2.1.4 Fluxo Ar no Secador	23
3.2.1.5 Torre de Secagem no Secador	26
3.2.1.6 Mesa Descarga	27
3.2.1.7 Caixa Silo	30
3.2.2 Ventiladores	31
3.2.3 Fornalha	31
3.2.4 Temperaturas de Secagem	32
3.2.5 Dados Técnicos do Secador	32
3.2.6 Modelo Secador 2 – Comil	33
3.2.6.1 Dados Técnicos do Secador	38
3.2.7 Fluxos de Secagem	38
3.2.8 Tratamentos Secagem	38
3.2.9 Monitoramento da Secagem	40
3.2.9.1 Parâmetros Físicos	40
 4 ANÁLISE	 48
4.1 Secador 1 – Silomax	48
4.2 Secador 2 – Comil	54
4.2.1 Secador 2 – Comil Coluna Inteira	54
4.3 Secador 2 – Comil com Resfriamento	64
 5 CONSIDERAÇÕES	 69
 REFERÊNCIAS	 70

1 INTRODUÇÃO

O processo de secagem de grãos e sementes é etapa fundamental no recebimento dos produtos agrícolas e sua correta aplicação permite menores perdas qualitativas durante os períodos de beneficiamento e armazenamento até a utilização final, seja na semeadura das sementes, seja no processamento industrial de grãos.

Basicamente o processo de secagem tem com objetivo favorecer a manutenção da viabilidade das sementes e da qualidade física e nutricional de grãos destinados à indústria, através da redução da umidade a níveis que diminuam significativamente as reações bioquímicas que promovem a deterioração das sementes e grãos, diminuindo o ataque fúngico e restringindo o processo respiratório. Com isso podemos ter os seguintes benefícios:

- Menor perda de matéria seca, pela diminuição da respiração, preservando a quantidade colhida;
- Oportuniza a antecipação da colheita;
- Permite armazenagem por períodos maiores;
- Redução da infestação por insetos.

O aumento da produção agrícola, observada nos últimos anos, em consequência de avanço da área agricultável e também do incremento da produtividade, tem trazido grandes desafios às unidades de recebimento de grãos e sementes que precisam se adaptar rapidamente a esta nova realidade. Novos investimentos em secagem, muitas vezes, são onerosos e não conseguem acompanhar a velocidade de colheita determinada por máquinas colhedoras cada vez mais eficientes e por períodos cada vez mais curtos de colheita.

Diante deste cenário, é importante que se domine e se planeje as operações de secagem, tirando o máximo proveito dos equipamentos sem prejudicar a qualidade do grão ou semente, escolhendo o equipamento e processo que melhor se adaptem a sua necessidade e realidade.

1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade da secagem (trincas com variação temperatura) dos grãos de milho em dois secadores intermitente de colunas e secador de cavalete, variando a temperatura de secagem do ar durante a secagem.

1.2 Objetivos Específicos

- Discutir e exemplificar como é a secagem de grãos de milho;
- Analisar a interferência da temperatura na secagem de grãos;
- Analisar a interferência da temperatura na secagem na massa de grãos;
- Analisar a interferência da temperatura na secagem com a temperatura da massa de grãos;
- Analisar a velocidade de secagem dos grãos;
- Avaliar as trincas após a secagem.

2 REVISAO BIBLIOGRAFICA

2.1 Fundamentos do Processo de Secagem (Transferência de Massa e Energia Térmica)

Conforme Silva (2005), grãos e sementes são produtos higroscópios, portanto, podem repassar ou receber vapor de água do ar que os circunvizinham.

O fato de o produto ser higroscópico faz com que, sobre a sua superfície, seja estabelecida uma camada delgada de ar que constitui um microclima. E este tem suas condições de estado reguladas pela temperatura e teor de umidade do produto. Uma das propriedades deste microclima é a umidade relativa, que, neste caso, tem valor igual a 100 vezes o índice de atividade aquosa.

Por outro lado, o ar que circunvizinha o produto, também possui a sua umidade relativa. E esta é relacionada à quantidade de vapor diluída no ar. O valor da umidade relativa varia de 0 a 100%. O ar, com 0%, não possui vapor de água diluído, porém quando a 100% está em seu estado máximo de saturação.

O sentido e intensidade do fluxo de vapor de água entre as sementes ou grãos e o ar são estabelecidos segundo a diferença dos valores de umidade relativa: do ar do microclima sobre os grãos - UR_g e do ar circunvizinho ao grão UR_{ac} .

O sentido do fluxo de vapor sempre ocorrerá do ponto com maior valor de umidade relativa para o de menor. Sendo assim, três situações podem ocorrer:

- 1) UR_g maior que UR_{ac} ocorre secagem do produto;
- 2) UR_g menor que UR_{ac} ocorre umedecimento do produto;
- 3) UR_g igual a UR_{ac} ocorre Equilíbrio Higroscópio - não há fluxo de vapor.

Portanto, para que ocorra secagem é necessário que a umidade relativa do ar de secagem UR_{ac} seja menor que a umidade relativa do ar do microclima.

Para reduzir a umidade relativa do ar de secagem é recomendado aquecê-lo. Isto pode ocorrer naturalmente, por meio da radiação solar, ou então, artificialmente utilizando fornalhas a lenha ou queima de gás. Assim, o ar de secagem tem o seu potencial de secagem aumentado.

O que traduz em maior capacidade de:

- transferir calor ao produto;
- transportar o vapor proveniente do produto.

Didaticamente, o processo de secagem ocorre segundo três passos (Fig. 1 e Fig. 2):

- Primeiro: o ar de secagem cede calor a semente ou grão. Isso força a umidade contida no grão a migrar para o micro-clima. Assim, a umidade relativa do ar no micro-clima - UR_g aumenta.
- Segundo: pelo fato da umidade relativa do ar do micro-clima ser maior que a do ar de secagem, ou seja, UR_g maior que UR_{ac} , é estabelecido o fluxo de vapor no sentido do micro-clima para o ar de secagem.
- Terceiro Passo: como o ar de secagem repassou calor a semente ou grão e recebeu vapor de água: a sua temperatura diminui e sua umidade relativa aumenta.

O ar de secagem passa então a ser denominado ar de exaustão. Quanto mais próxima de 100% for a umidade relativa do ar de exaustão - UR_{ae} maior será a eficiência da secagem.

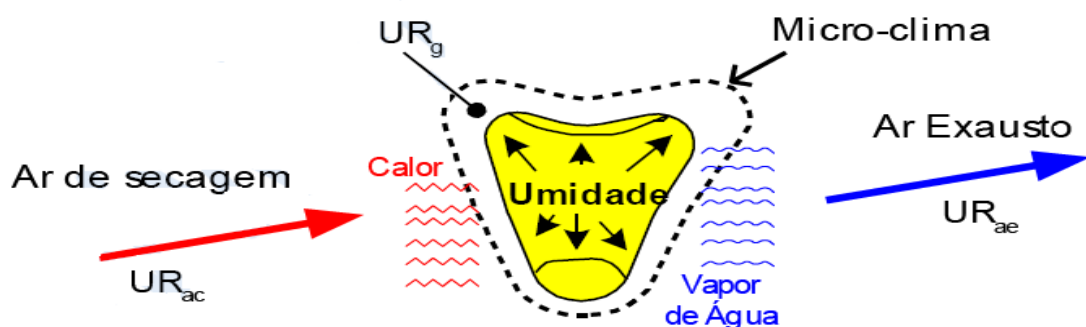


Figura 1 – Demonstração do processo de secagem (A).
Fonte: Silva, 2005.

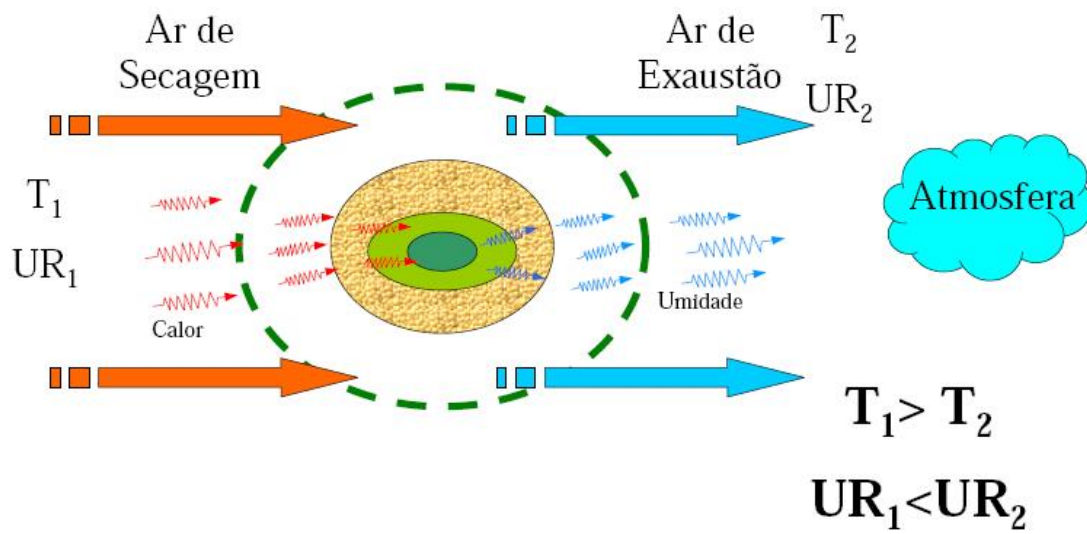


Figura 2 – Demonstração do processo de secagem (B).
Fonte: Kepler, 2009.

Para Kepler (2009), a secagem depende da espécie do grão.

- Estrutura física do grão, capilaridade e vazios;
- Características termo físicas.

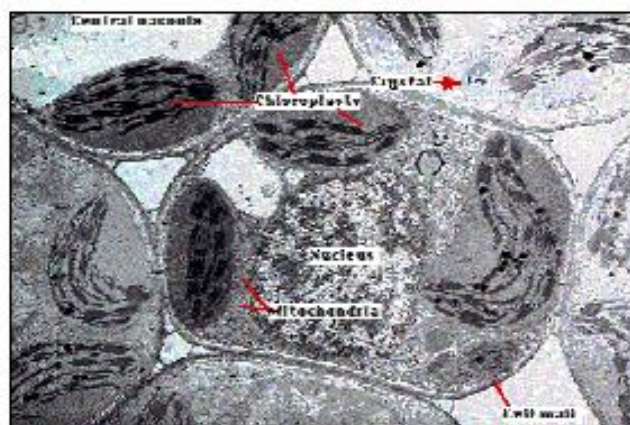


Figura 3 – Estrutura física do grão.
Fonte: Kepler, 2009.

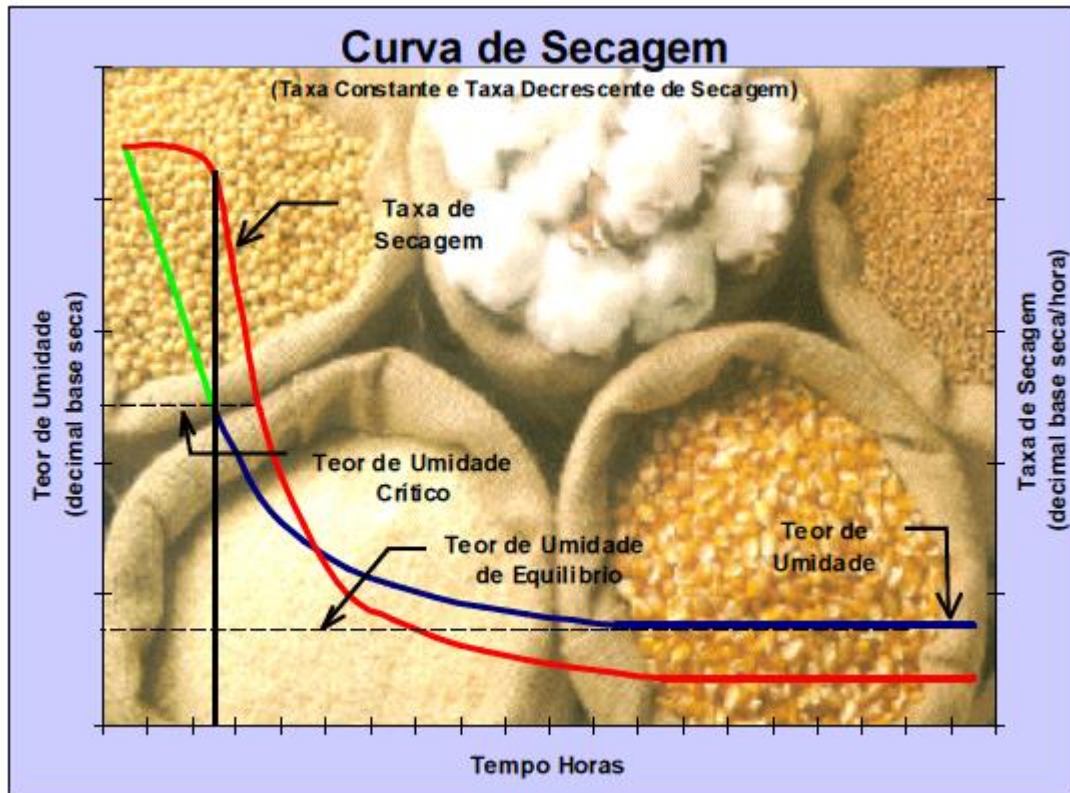


Figura 4 – Taxa de secagem.

Fonte: Kepler, 2009.

Segundo Kepler (2009), a secagem a taxa constante:

- É possível em produtos muito úmidos ou em pequenas taxas;
- Comportam-se como se uma fina película de água cobrisse a superfície;
- Depende de: velocidade do ar, temperatura do ar e umidade do ar.

A secagem a taxa decrescente:

- Resistencia interna do grão ao deslocamento da umidade;
- Gradiente interno de umidade.



Figura 5 – Gradiente interno.

Fonte: Kepler, 2009.

Difícil determinação:

- Mecanismos de transferência externos (massa e calor por convecção);
- Mecanismos internos (calor por condução e massa por difusão).

2.2 Agentes do Processo de Secagem

Kepler (2009) demonstra a transferência de massa e energia proporcionada pela ação do ar e calor durante um determinado tempo.

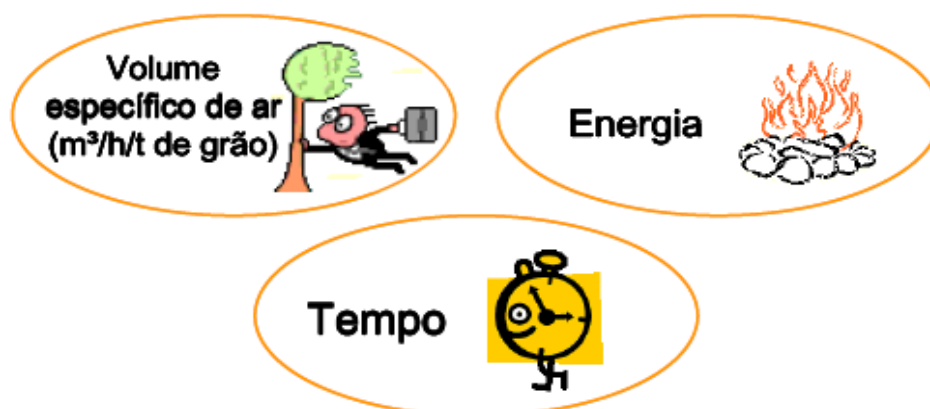


Figura 6 – Agentes do processo de secagem.
Fonte: Kepler, 2009.

2.3 Métodos de Secagem

Silva (2005) menciona que a secagem de produtos agrícolas pode ser realizada de forma natural ou artificial, conforme a Fig. 7.

A secagem natural emprega a radiação solar para aumentar o potencial de secagem do ar. No Brasil, esta tem sido empregada para a secagem de café em terreiros cacau em barcaças, como também por pequenos agricultores na secagem de milho, arroz e feijão em terreiros.

A grande desvantagem dessa modalidade é dependência das condições climáticas e a maior vantagem é o fato de propiciar menor ocorrência de grãos trincados e, ou, quebrados.

Este processo que requer na colheita:

- Ausência de chuvas (baixos índices pluviométricos);
- Baixa umidade relativa;
- Alta incidência solar (baixa nebulosidade).

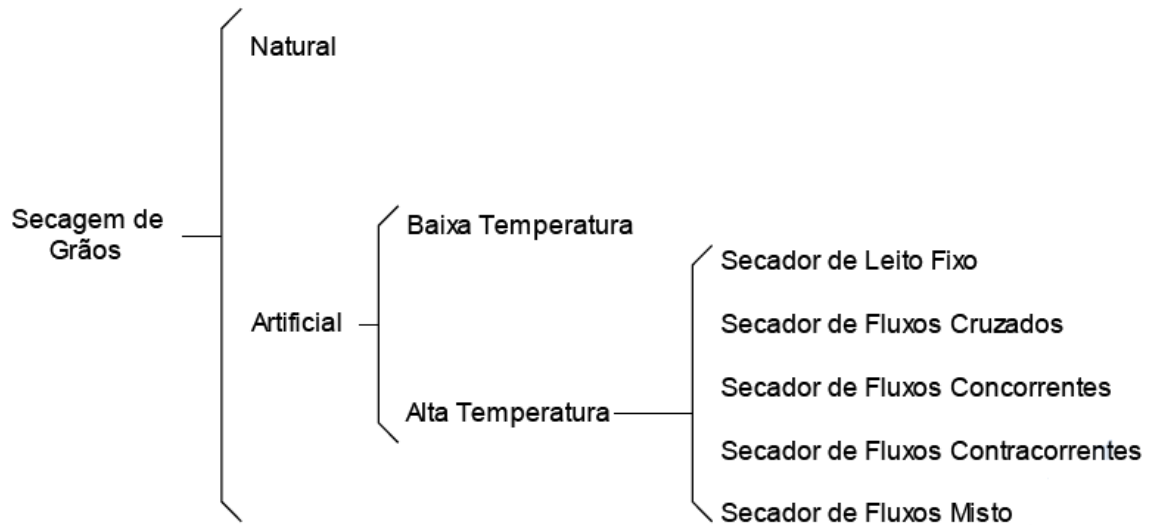


Figura 7 – Métodos de secagem.

Fonte: Silva, 2005.

A secagem artificial consiste no emprego de artifícios para acelerar o processo. E isto configura nos secadores que se apresentam sob diferentes configurações e contêm acessórios como:

- Sistema de aquecimento do ar – fornalhas a lenha, ou queimadores de gás;
- Sistema de movimentação do ar – ventiladores;
- Sistema de movimentação dos grãos - elevadores de caçambas, transportadores helicoidais ou fitas transportadoras.

Em função da temperatura do ar de secagem, a secagem artificial é subdividida em:

- Secagem a baixa temperatura (seca-aeração);
- Secagem a media ou alta temperatura (secadores/silos secadores).

2.4 Secagem em Baixas Temperatura

A secagem em baixas temperaturas ocorre quando o:

- Ar natural ou aquecido (5 a 10°C acima do ambiente);
- Velocidade e intensidade da secagem é dependente do clima;

- Sistema de aeração especial;
- Processo lento.

Suas vantagens são:

- Aumento da capacidade de recebimento;
- Temperatura final do grão menor;
- Possibilidade de secagem contínua.

Suas desvantagens são:

- Ciclo de secagem mais longo;
- Processo mais delicado;

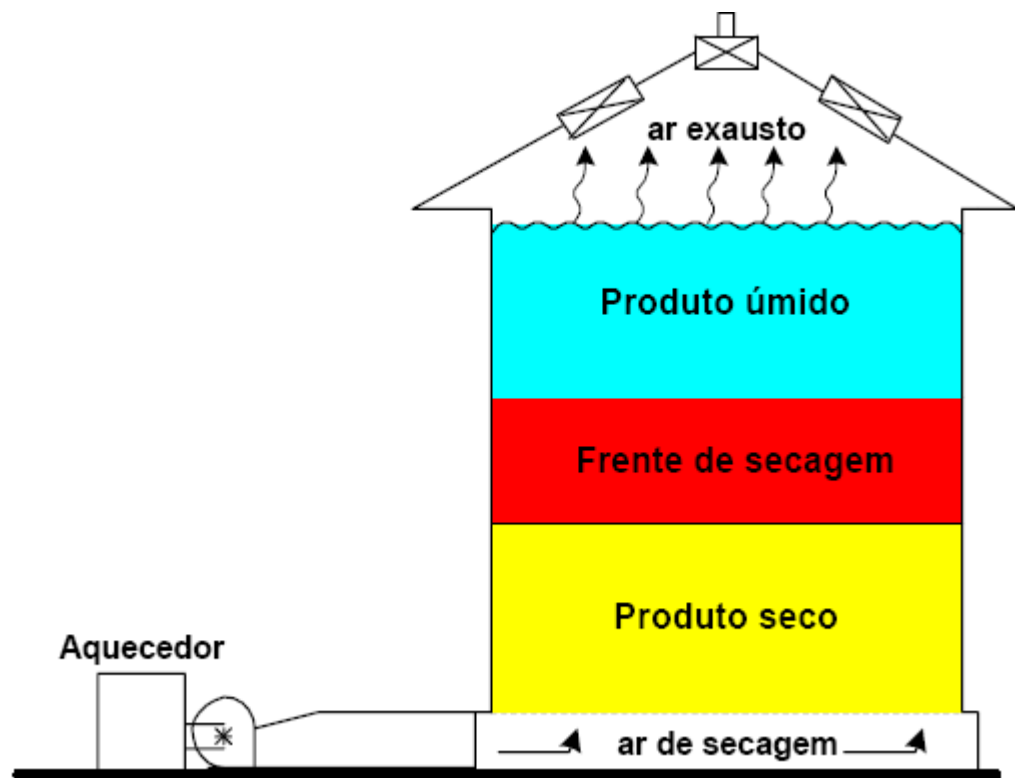


Figura 8 – Silo Secador - Secagem a baixa temperatura.
Fonte: Silva, 2005.

2.5 Secagem a Altas Temperatura

Os secadores desta modalidade operam com temperaturas do fluxo de ar em torno de 100°C na parte superior da câmara de secagem. E estes são classificados segundo dois critérios (SILVA, 2005),

Primeiro, quanto aos sentidos dos fluxos do ar de secagem e da massa de grãos, os secadores podem ser de:

- leito fixo;
- fluxos cruzados;
- fluxos contracorrentes;
- fluxos concorrentes;
- fluxos mistos - secador tipo cascata.

E segundo, quanto à forma de funcionamento, em que os secadores são classificados em contínuos e intermitentes. Contínuos quando o produto necessita passar uma só vez pelo secador para atingir o teor de umidade desejado. Enquanto para o intermitentes o produto necessita recircular varias vezes.

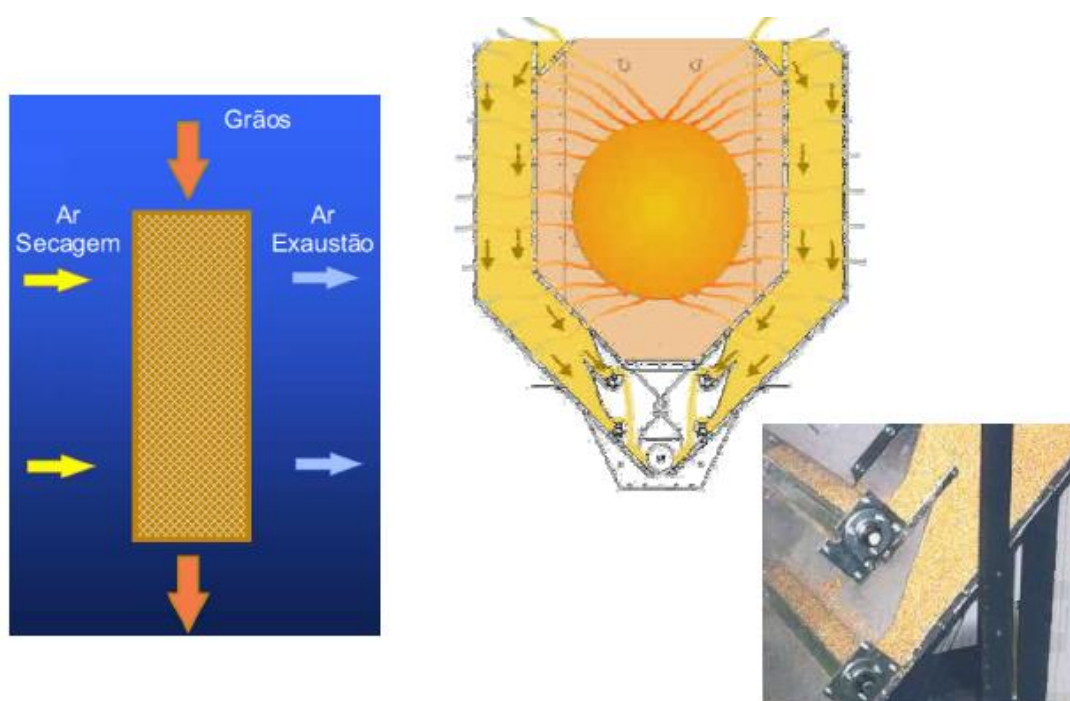


Figura 9 – Fluxo cruzado.
Fonte: Kepler, 2009.

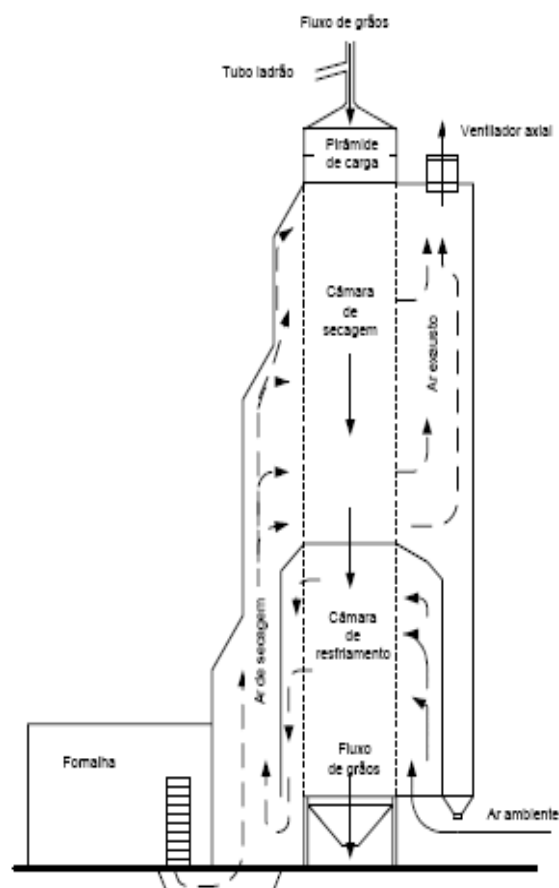
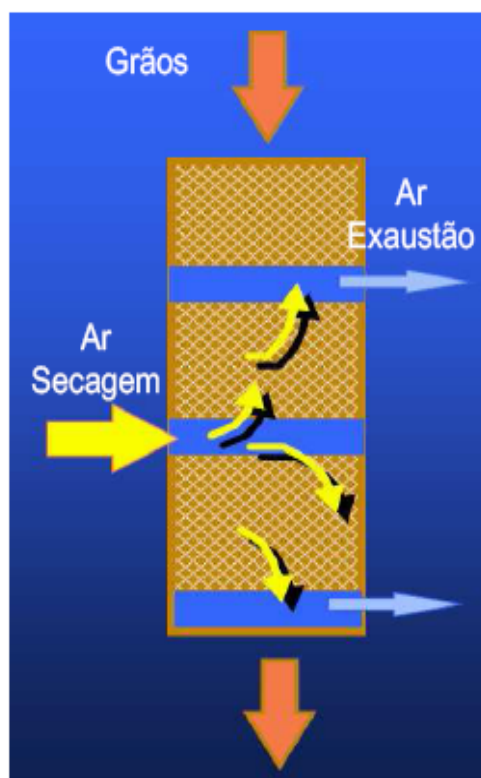


Figura 10 – Fluxo ar misto (A).
Fonte: Kepler, 2009.



Figura 11 – Fluxo ar misto (B).
Fonte: Kepler, 2009.

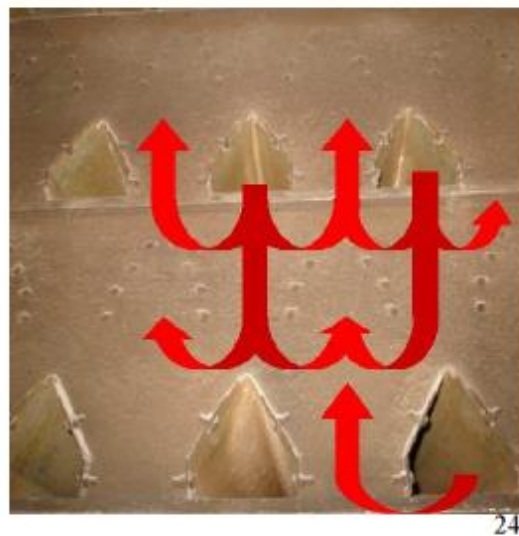
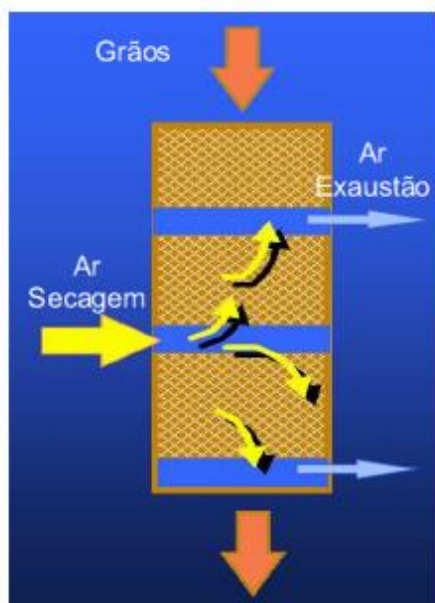


Figura 12 – Fluxo ar misto, tipo cavalete.
Fonte: Kepler, 2009.

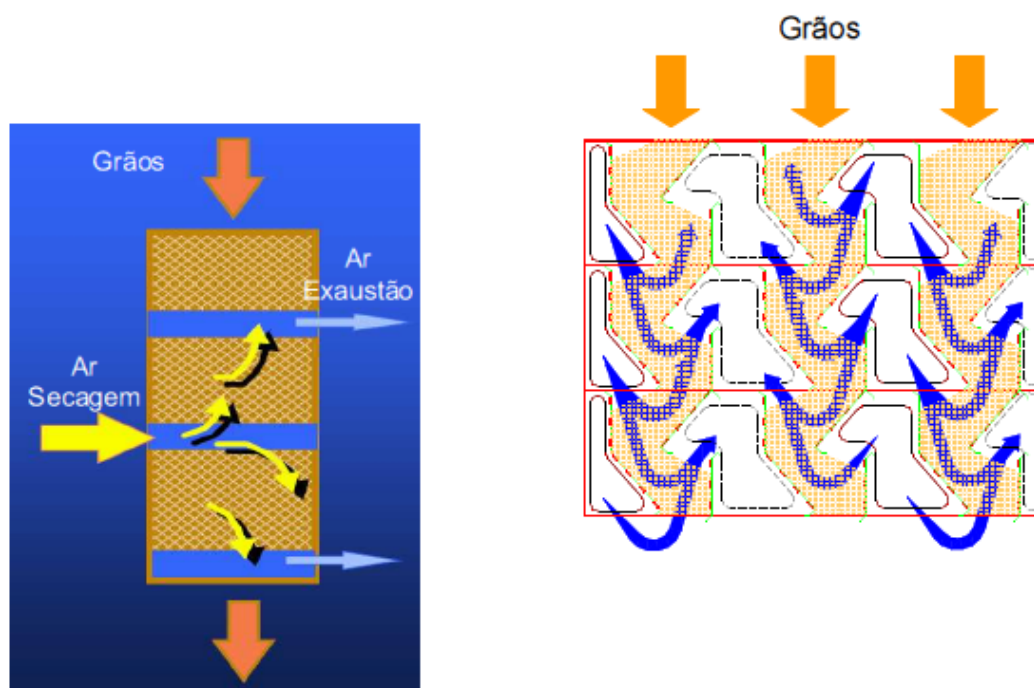


Figura 13 – Fluxo ar misto, tipo coluna.
Fonte: Kepler, 2009.

2.6 Secagem Correta

A secagem correta conserva as propriedades dos grãos:

- Poder germinação;
- Qualidade do amido;
- Conteúdo proteico;
- Acidez da graxa do grão;
- Estrutura física (integridade dos grãos);
- Contaminação microbiológica.

2.7 Secagem Incorreta

A secagem incorreta em altas temperaturas e longa exposição podem ocasionar:

- Combustão;
- Perda de poder de germinação (falta de nutrientes período pos-germinativo);
- Danos ao amido (farinhas);
- Rancidez (soja e Amendoim);
- Desencadeamento de danos biológicos (armazenagem);
- Contaminação microbiológica.

2.8 Prevenção de Secagem

Para uma boa secagem devemos tomar os seguintes cuidados:

- Não exceder a máxima temperatura do grão;
- Não exceder a máxima taxa de secagem.

2.9 Considerações Gerais

Dos tópicos apresentados e discutidos, devem ser ressaltados os seguintes aspectos:

2.9.1 Demora na Secagem

As sementes devem permanecer úmidas o menor tempo possível, já que a alta umidade é o fator que mais influencia a qualidade fisiológica da semente no armazenamento. Sementes com 20% de umidade não devem permanecer mais de 24-48 h aguardando a secagem, salvo quando armazenadas em silos com sistema de aeração adequado. Assim que a umidade da semente permitir, deverá ser realizada a colheita e, imediatamente após, proceder-se-á a secagem, devendo o secador operar todos os dias durante as 24 horas.

2.9.2. Capacidade de Secagem

A Comissão Estadual de Sementes e Mudas do Rio Grande do Sul (CESM/RS) requer um mínimo de 30% de capacidade de secagem para sementes de trigo, cevada e soja, mas se sugere uma capacidade de, no mínimo, 40-50%. No caso do arroz, devido ao alto degrane natural e o sorgo devido à morfologia da panícula, a capacidade de secagem deverá ser de 100%. Sugere-se, para o cálculo da capacidade de secagem nos métodos intermitentes lento e rápido, considerar três a quatro cargas do secador por dia. Para a secagem estacionária, no máximo uma carga por dia.

2.9.3. Danos Mecânicos

Sementes mais suscetíveis a danos mecânicos, como é o caso de sementes de soja, feijão, milho e outras, podem ser afetadas na passagem pelos diversos elevadores. Recomenda-se o uso de elevadores de caçambas de descarga pela gravidade e de amortecedores de fluxo, tais como escadas com anteparos de borracha ou espirais nos interiores dos silos secadores, assim como manter ligado o ventilador na operação de carregamento do silo.

2.9.4. Temperatura de Secagem

Cuidados especiais devem ser tomados com a temperatura do ar de secagem, pois esta irá influir decisivamente sobre a temperatura da semente que,

por sua vez, pode tornar-se imprópria para a semeadura. A temperatura máxima do ar de secagem (determinada no duto de entrada do ar aquecido) varia com o tipo de secador, o teor de água da semente e a espécie. Recomenda-se:

I - Secador intermitente rápido para arroz e milho: 70°C;

II - Secador intermitente rápido para trigo: 80°C;

III - Secador intermitente lento para arroz e milho: 70°C;

IV - Secador intermitente lento para soja e feijão: 60°C ;

V - Secador estacionário: UR 40-70% (40°C). Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos 317

2.9.5. Velocidade de Secagem

A utilização de temperaturas muito altas permitem uma secagem mais rápida; porém, poderá provocar uma diferença de umidade muito grande entre a periferia e o centro da semente, gerando um gradiente de tensão que causa o trincamento, principalmente em sementes de arroz e milho.

A velocidade de secagem é influenciada pela umidade inicial da semente, temperatura e fluxo de ar de secagem, fluxo da semente no secador, método de secagem, espécie, cultivar e histórico do lote. Sob iguais condições de secagem, as sementes de arroz e trigo apresentam menor dificuldade em perder água do que sementes de feijão e soja.

2.9.6. Danos Térmicos

Os danos térmicos em sementes estão relacionados à espécie e cultivar, teor de água da semente, tempo de exposição do ar aquecido, velocidade e temperatura de secagem. O emprego alternado de fluxos de ar quente e frio causa aumento na ocorrência de danos térmicos, principalmente em espécies mais sensíveis, como arroz e milho.

Elevadas temperaturas de secagem podem não causar diminuição imediata na germinação, mas determinam, muitas vezes, reduções no vigor que se manifestam no potencial de armazenamento ou na emergência em campo. A elevação excessiva da taxa de retirada de água e/ou da temperatura da semente pode determinar o aumento da permeabilidade de membranas celulares, a

formação de fissuras internas ou superficiais, a redução da velocidade e porcentagem de germinação, a ocorrência de plântulas anormais e, inclusive, a morte das sementes.

2.9.7. Fluxo de Ar

Nos secadores estacionários, a secagem muito lenta pode causar prejuízos às sementes. Recomenda-se um fluxo de ar de, no mínimo, $4\text{m}^3/\text{min}/\text{t}$ de semente.

Como é difícil medir o fluxo do ar, recomenda-se que a altura da camada para o grupo de sementes grandes (soja e milho) não seja superior a 1,5m e, para o das sementes pequenas (similares aos trevos), não mais de 0,60m. Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos 318

2.9.8. Super Secagem

No secador estacionário, a camada de sementes mais próxima ao local de entrada do ar aquecido pode sofrer uma “super-secagem”, enquanto se processa a secagem nas camadas mais distantes. Recomenda-se a secagem em camadas pouco espessas, bem como a UR do ar de, no mínimo, 40% (essa umidade do ar pode ser mantida na maioria das regiões com temperatura do ar de 35 a 40°C). A super-secagem é problema principalmente para as sementes facilmente danificáveis, como soja, feijão e outras.

2.9.9. Uniformização ou Homogeneização da Umidade

Quando a semente é retirada do secador, existe uma diferença de umidade dentro da semente, entre o centro e a periferia. Para que a umidade se distribua uniformemente, é preciso contar com depósito, que conte, de preferência, com sistema de aeração, para armazenar a semente por um período curto de tempo (duas horas). O ar, ou mesmo o transporte das sementes, elimina o problema de aquecimento da massa pela movimentação da umidade dentro da semente.

2.9.10. Desconto da Umidade

É comum o cooperante entregar sementes com alto teor de água e, para efeito de pagamento, deve-se descontar o excesso de água. A umidade de 13% é a oficial para a comercialização de sementes. Para ilustração, será utilizado o seguinte exemplo:

Um produtor entrega 20.000kg de sementes de soja com 19% de umidade. Determinar a quantidade de água a ser descontada, utilizando a seguinte igualdade:

$$\text{Peso Inicial} \times (100 - \text{Umidade Inicial}) = \text{Peso Final} \times (100 - \text{Umidade Final})$$

Tem-se que:

$$20.000 \times (100 - 19) = \text{Peso Final} \times (100 - 13)$$

$$20.000 \times 81 = \text{Peso Final} \times 87$$

$$\text{Peso Final} = 20.000 \times 81 = 18.620,7 \text{ kg} \times 87$$

Portanto, há $20.000 - 18.620,7 = 1.379,3\text{kg}$ de água a ser descontado.

3 MATERIAIS E METODOS

Todo o trabalho foi realizado na Seara Indústria Comercio de Produtos Agropecuários Ltda., na cidade de Ibiporã-Pr.

3.1 Localização e Estrutura

A Seara Indústria Comercio de Produtos Agropecuários Ltda., localiza-se na rodovia Pr-090 km 08, Ibiporã-Pr, conforme Fig. 14 e 15.

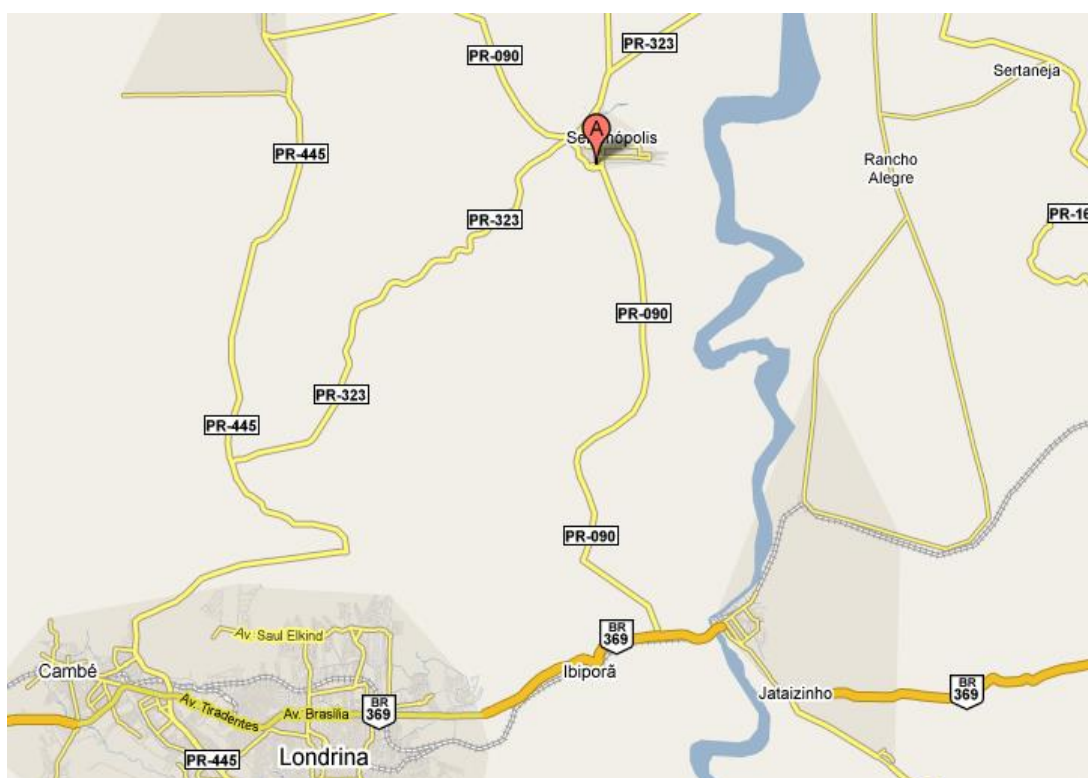


Figura 14 – Mapa de localização.
Fonte: Google Mapas.



Figura 15 – Vista area da unidade.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 16 – Vista Parcial da aérea de secagem, Ibiporã - PR.
Fonte: Acervo do autor (2013)

A unidade recebe soja e milho de todas as unidades coletoras da Seara, através de transporte rodoviário.

Esta unidade tem as seguintes estruturas:

➤ *Unidade de Recepção, Beneficiamento, Secagem e Armazenagem de Grãos:*

- Movimentação anual soja: 700.000 toneladas/ano;
- Movimentação anual milho: 200.000 toneladas/ano;
- Fluxo de recepção: 300 toneladas/hora;
- Pré-limpeza: 320 toneladas/hora;
- Limpeza: 400 toneladas/hora;
- Secagem: 280 toneladas/hora soja;
- Armazenagem: 60.000 toneladas.

3.2 Secagem

No trabalho proposto foi monitorado a secagem de milho, em dois secadores intermitente sendo um modelo coluna e outro cavalete, utilizado o produto milho em grão.

Modelo coluna marca Silomax modelo SCE 120 – 2409 – 120 t/h

Modelo cavalete marca Comil modelo CM3265 DR – 150 t/h

Capacidade de secagem base soja de 18 para 13 %.

3.2.1 Secador

3.2.1.1 Modelo secador 1 - Silomax

O secador utilizado no processo de secagem, é um secador intermitente, de 120 toneladas, modelo cavalete-coluna, da marca SILOMAX modelo SCE 120 – 2409.



Figura 17 – Vista Parcial da aérea de secagem, Ibioporã - PR.
Fonte: Acervo do autor (2013)

3.2.1.2 Fluxo Produto no Secador

O modelo do secador é do tipo cavalete coluna e de fluxo contínuo. A massa de grãos circula pelos cavalete-coluna, por gravidade, e a sua saída é regulada mediante um sistema de descarga por bandeja plana individual para cada coluna, todos unidos por um mesmo eixo.

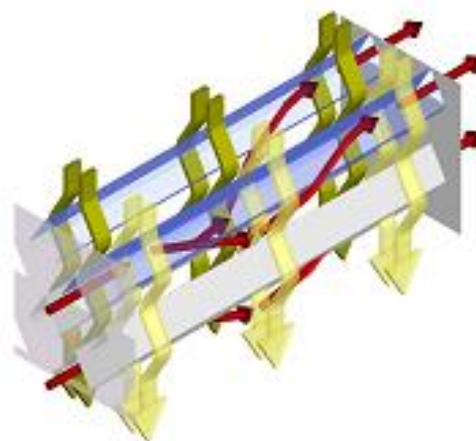


Figura 18 – Fluxo da torre de secagem.
Fonte: Acervo do autor (2013)

3.2.1.3 Parte do Secador

A entrada do grão se faz pela parte superior do secador, através da moega superior, passando dali para as colunas de secagem, as quais constituem o corpo central do equipamento.

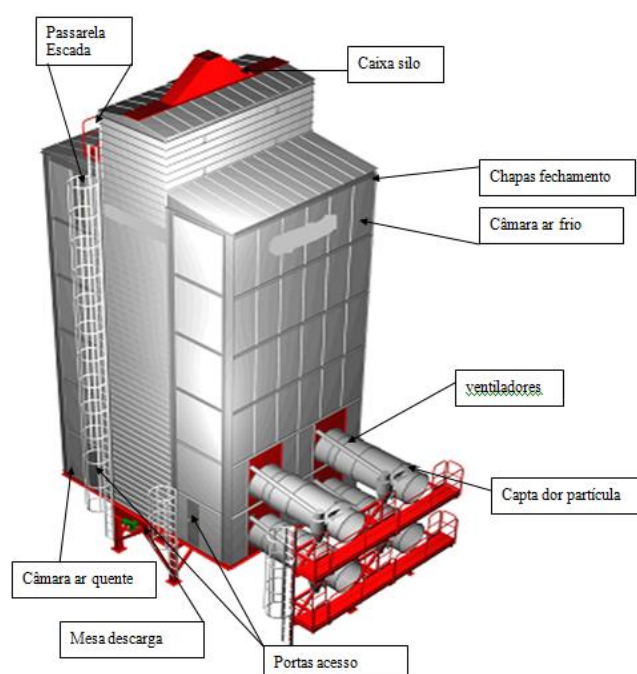


Figura 19 – Partes do secador.
Fonte: Acervo dos autor (2013)

3.2.1.4 Fluxo Ar no Secador

Na câmara de ar quente encontra-se a fonte de geração de calor onde queima-se o combustível para o aquecimento do ar. O ar que atravessa as colunas de secagem é retirado para o exterior mediante ventiladores axiais de acoplamento direto, localizados na câmara de ar frio.

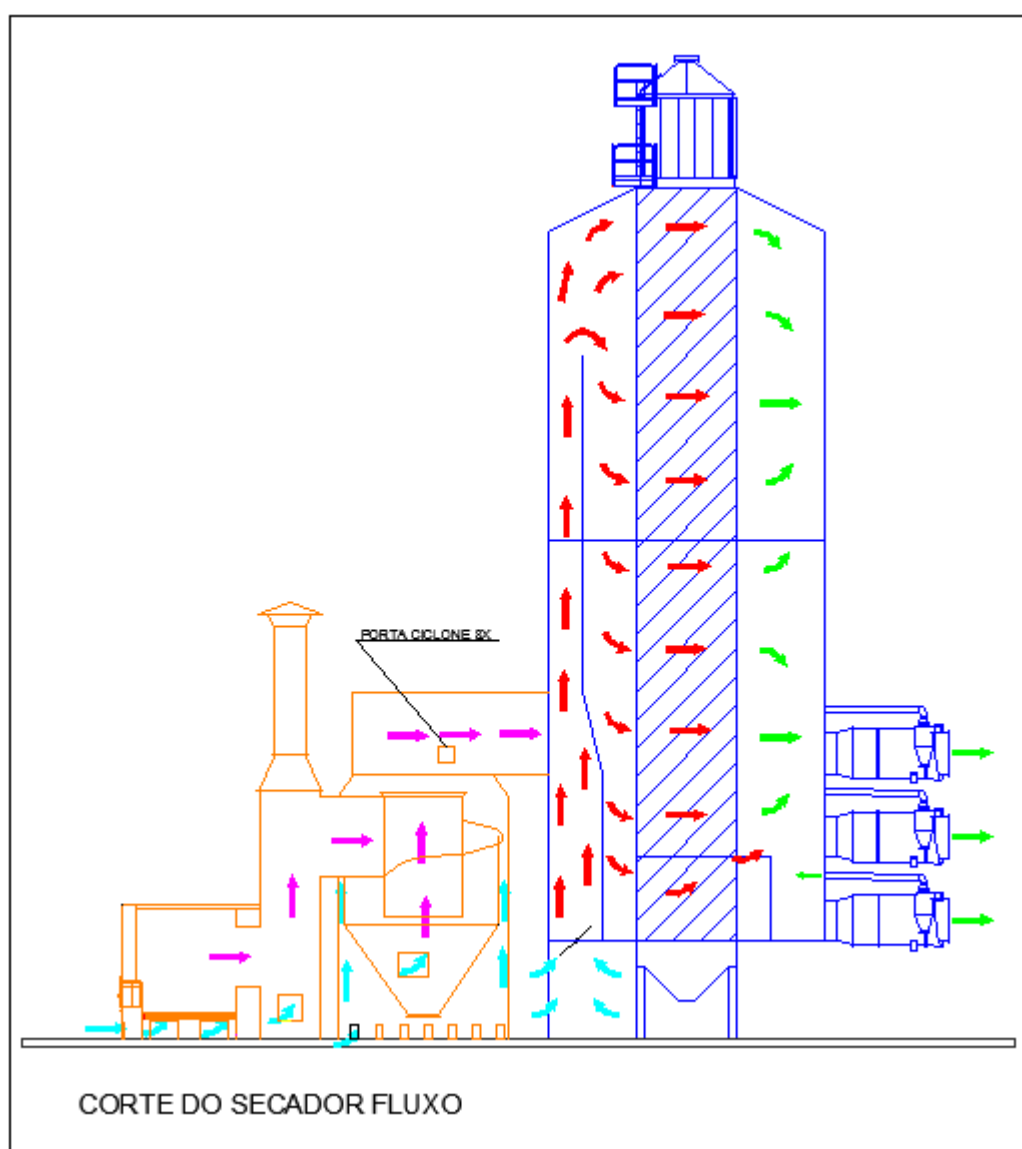


Figura 20 – Fluxo do ar do secador.
Fonte: Acervo do autor (2013)

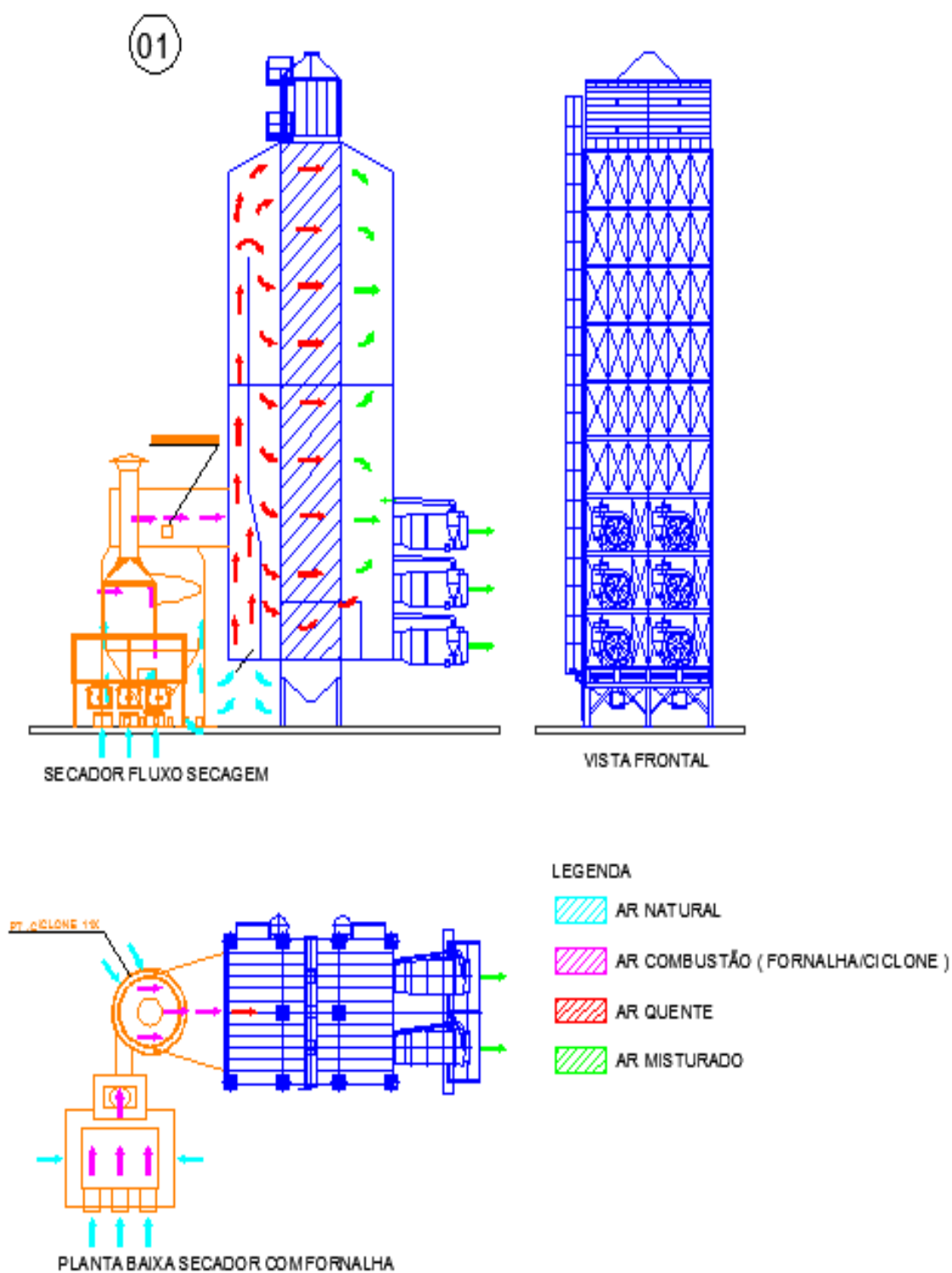


Figura 21 – Fluxo do ar do secador, coluna inteira.
 Fonte: Acervo do autor (2013)

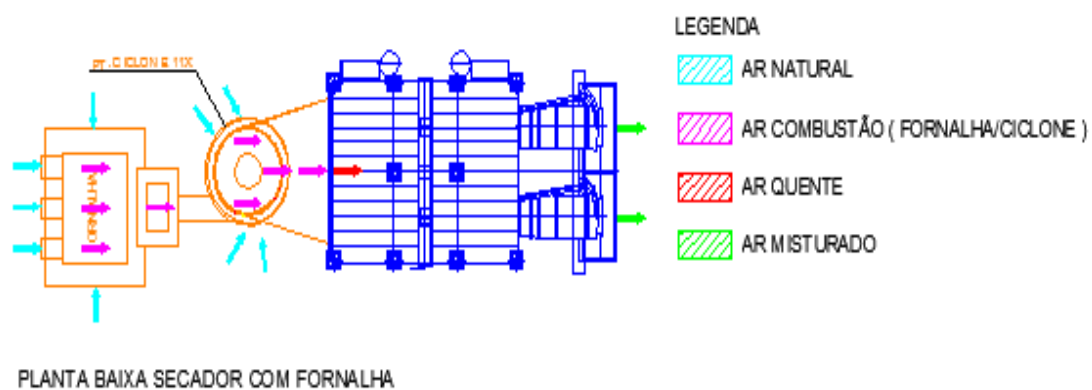
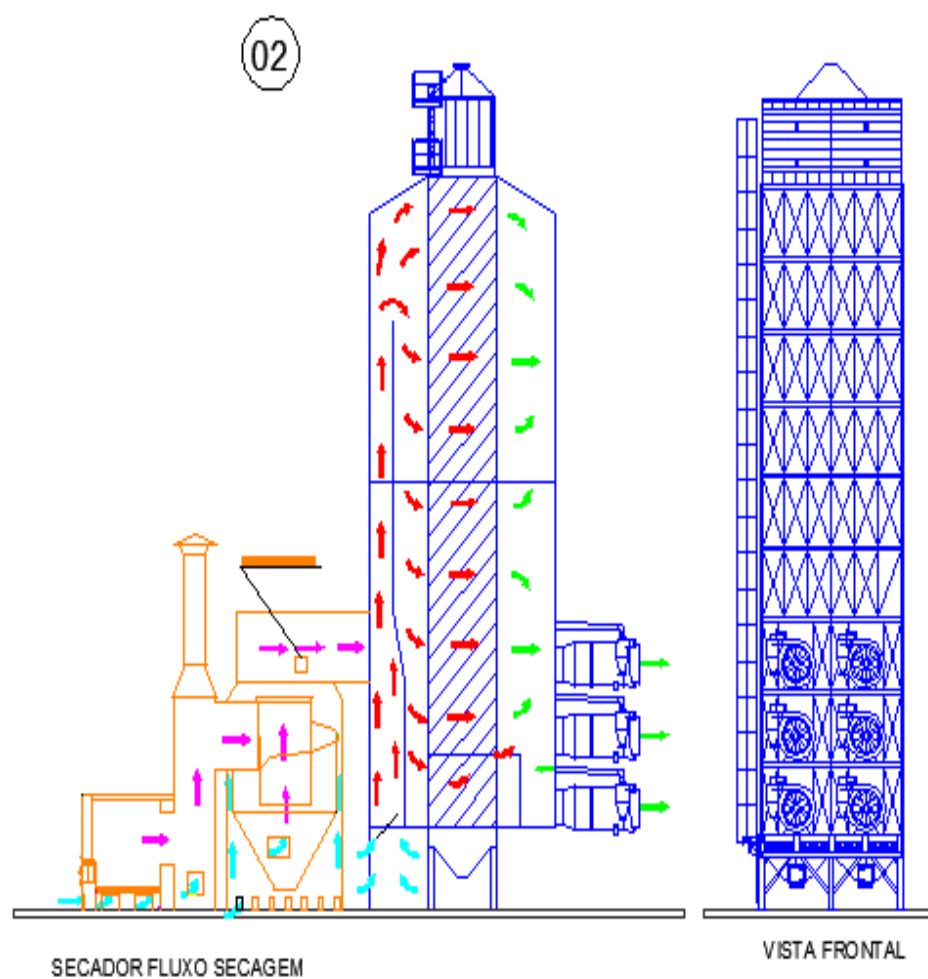


Figura 22 – Fluxo do ar do secador, com resfriamento.
Fonte: Acervo do autor (2013)

3.2.1.5 Torre de Secagem no Secador

A torre de secagem é a parte principal do secador, onde se dá a passagem do ar através da massa de grãos, composta por níveis de colunas modulares, o que permite futuras ampliações do secador. O sistema de torre de secagem em colunas tem uma grande vantagem por ser considerado um sistema autolimpante.

O secador é constituído por colunas cavaletes metálicas elaboradas em módulos de 2070 x 2300 x 426 mm, por isto o secador é modular. Cada módulo está construído com estrutura elaborada em chapa galvanizada de 2,0 mm de espessura e chapas perfuradas em forma de triângulo (190x165mm) de 2,00 mm espessura para permitir a passagem do ar através do grão. Ou seja cada coluna do secador tem 8280 mm de altura e 426 mm de largura cada totalizando um total de 6 colunas.

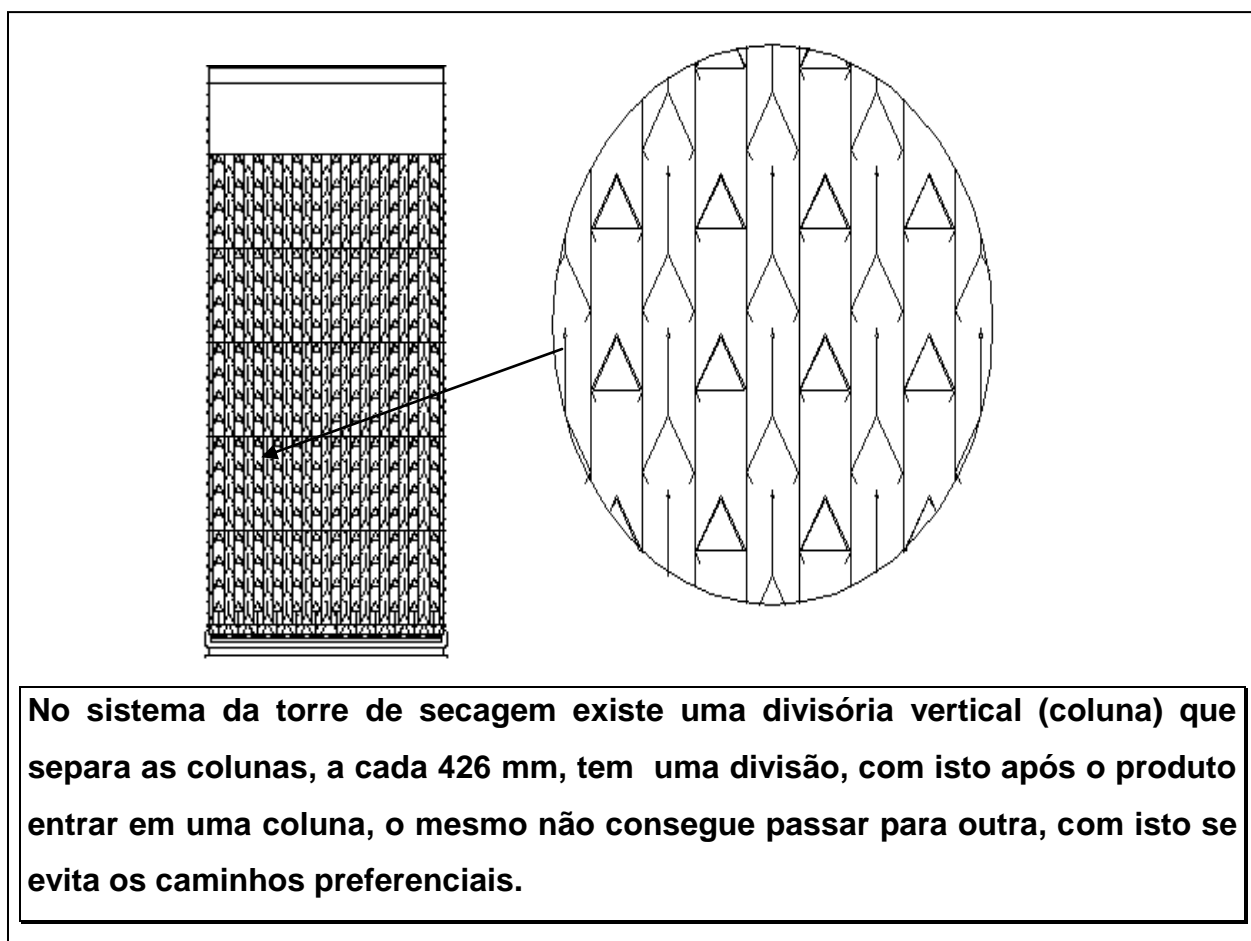


Figura 23 – Torre de secagem (A).

Fonte: Acervo do autor (2013)

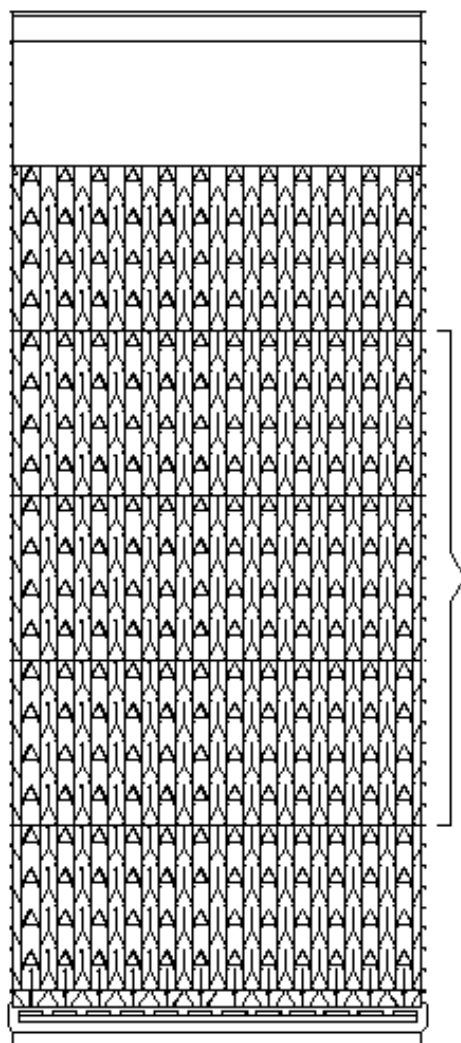


Figura 24 – Torre de secagem (B).
Fonte: Acervo dos autor (2013)

3.2.1.6 Mesa Descarga

A descarga de cereais realiza-se por meio de um bandeja plana para cada coluna, construído em chapa fina quente de 3,00 mm de espessura e todos conectados a um eixo acionado por um motorreductor marca SEW, com redução de 1:60, acionado por um motor de 1 a 3 CV a 1770 rpm.

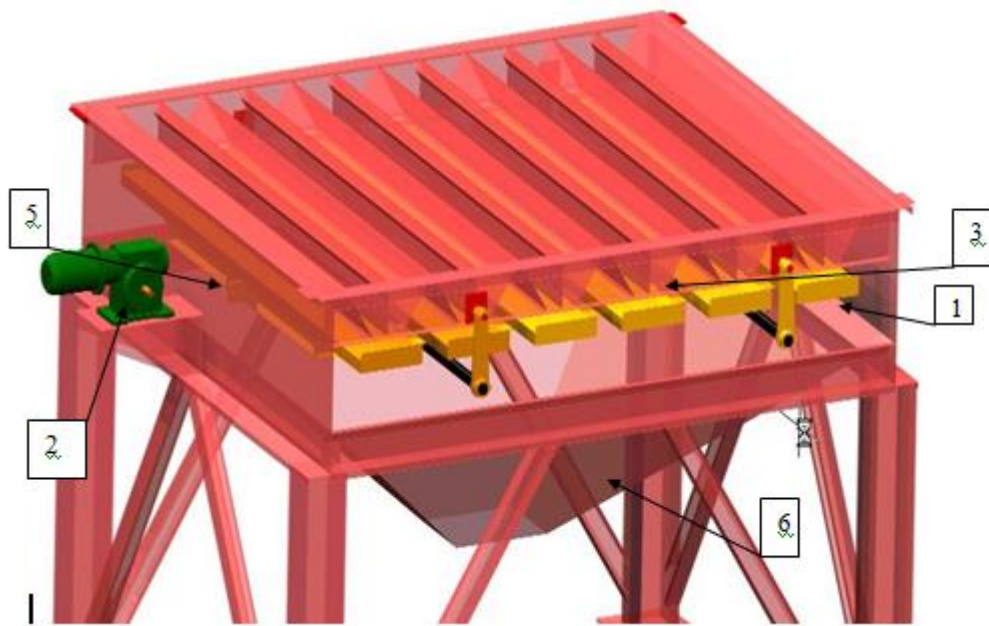


Figura 25 – Mesa de descarga do secador.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 26 – Regulagem da mesa de descarga do secador.
Fonte: Acervo dos autor (2013)

Nas Fig. 25 e 26 acima, destacam-se as seguintes partes da mesa de descarga:

1. Bandeja Plana;
2. Sistema mecânico excêntrico;
3. Funis da coluna;
4. Haste intermediaria;

- 5. Haste condutora;
- 6. Funil de descarga.

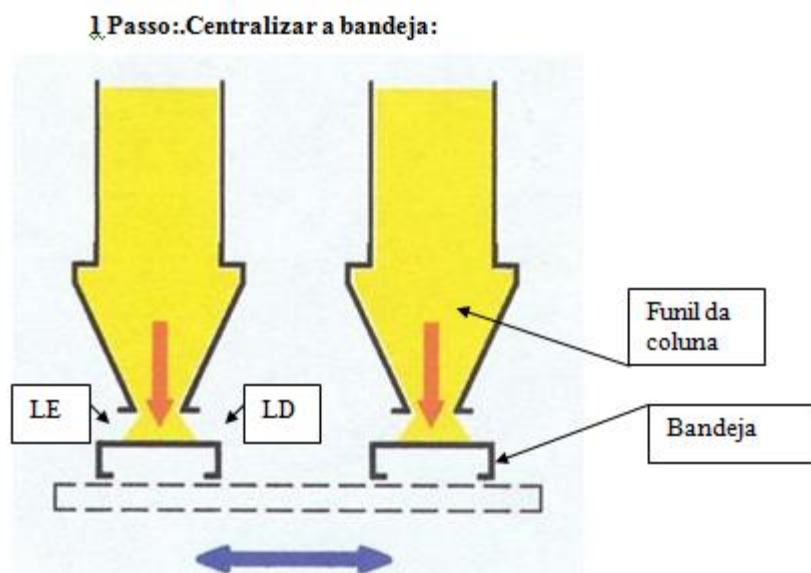


Figura 27 – 1º Passo para regulação da mesa de descarga do secador.
Fonte: Acervo do autor (2013)

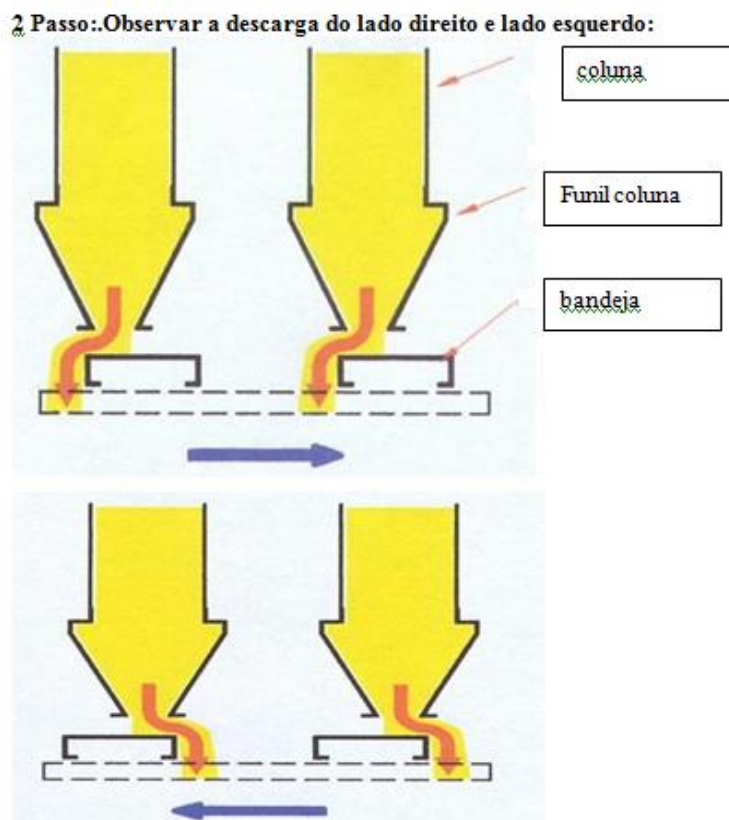


Figura 28 – 2º Passo para regulação da mesa de descarga do secador.
Fonte: Acervo do autor (2013)

3º Passo:.. Altura da bandeja:

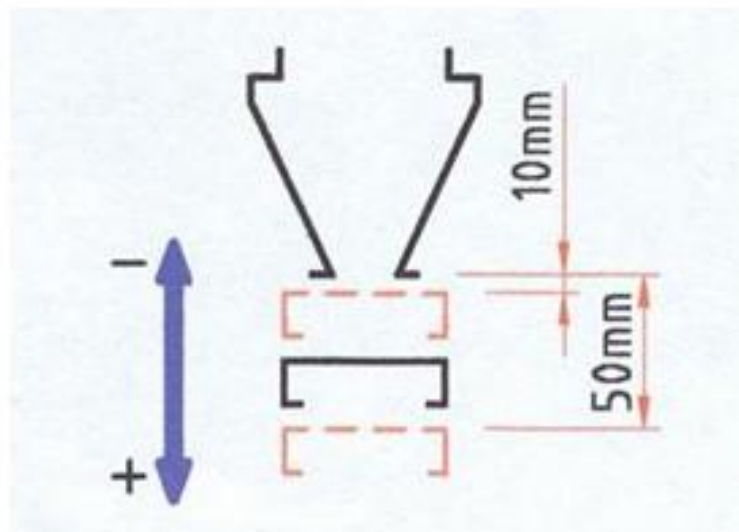


Figura 29 – 3º Passo para regulação da mesa de descarga do secador.
Fonte: Acervo do autor (2013)

4º Passo:.. Mudança de excentricidade (amplitude da mesa);



Figura 30 – 4º Passo para regulação da mesa de descarga do secador.
Fonte: Acervo do autor (2013)

3.2.1.7 Caixa Silo

A caixa silo tem como finalidade manter uma quantidade de grãos suficientes para que cubram os primeiros cavaletes da coluna de secagem de tal forma que os grãos não caiam diretamente sobre os cavaletes e os desgastem pelo atrito e ainda, evita o dano mecânico da semente batendo sobre o metal. Esse volume de semente ainda evita a entrada de ar falso na câmara de secagem.

O secador é dotado dos seguintes controles:

- A. Controle de Nível Mínimo de Cereal;
- B. Controle de Nível Máximo de Cereal.

3.2.2 Ventiladores

A extração do ar saturado realiza-se mediante 06 ventiladores axiais de 1000 mm de diâmetro, os quais possuem uma capacidade de extração de 700 m³/min. Cada. Estes ventiladores são acionados por motores, marca WEG, tipo IP 55 de 20 CV a 1770 rpm, com isolamento classe F e conectados mediante acoplamento direto, os quais serão os encarregados de extrair o ar frio.

3.2.3 Fornalha

Fornalha geradora de gases quentes, marca WECO, modelo GALS250, para queima de lenha em toras, com as seguintes características:

- Marca: WECO
- Modelo: GALS250
- Capacidade calorífica: 6.500.000 kcal/h
- Combustível: Lenha
- Poder calorífico inferior: 2.900 kcal/kg
- Consumo nominal de combustível: 2.200 kg/h
- Umidade considerada: 30 %
- Temperatura de utilização dos gases: 110 °C
- Temperatura do ar ambiente: 20 °C
- Perda de carga no sistema: 25 mmCA

Construída internamente, na zona de calor, de material refratário com teor 42 % de teor de alumina, formando a câmara de combustão e alojamento das grelhas. A parte superior da fornalha é formada por tampa metálica, construída em chapas de aço carbono e perfis estruturais, revestidas com blocos de fibra cerâmica, densidade 128 kg/m³, devidamente compactados e ancoradas com espetos de aço inoxidável. Externamente a fornalha é revestida com tijolos de alvenaria comum.

Possui portas para alimentação de lenha, construídas em ferro fundido, com dimensões de 550 x 400 mm e, portas construídas em chapas de aço e perfis estruturais, reguláveis, destinadas a entrada de ar e retirada de cinzas.

A combustão ocorre sobre um conjunto de grelhas planas construídas em ferro fundido especial, sustentada sobre perfis estruturais.

Todo o conjunto é sustentado e atirantado por perfis estruturais, qualidade comercial, proporcionando ao conjunto perfeita rigidez.

Será fornecido um duto de ligação de gases entre a fornalha e o ciclone, construído em chapas de aço carbono e isolado internamente com material cerâmico, dotado de tomada de ar para diluição.

A fornalha será provida de um chaminé de dimensões adequadas e, altura total de 9.000 mm, contados a partir do solo, para entrada do ar de diluição e paradas de emergência.

Incorporado ao conjunto está o apagador de fagulhas, tipo ciclone, construído em chapas de aço carbono, envolto por cilindro metálico, formando conjunto com o misturador de ar, dotado de portas para regulação do ar de mistura e diluição, além de porta estanque para limpeza do ciclone.

3.2.4 Temperaturas de Secagem

O secador tem os seguintes controles de temperatura:

1. Temperatura de entrada do ar na torre de secagem (ar entrada);
2. Temperatura da massa de grãos (ar+grãos);
3. Temperatura do de extração dos ventiladores (ar saída)

3.2.5 Dados Técnicos do Secador

- Comprimento: 6.860 mm
- Largura: 5.260 mm
- Altura: 24.260 mm
- Capacidade estática: 143.900 kg
- Capacidade estática torre secagem: 123.900 kg
- Capacidade estática caixa silo: 17.000 kg

- Peso específico considerado: 750 kg/m³
- Relação torre x Caixa silo: 7,46 para 1
- Volume ar secador: 252.000 m³/hora
- Fluxo ar do secador: 33,89 m³ ar/min.* ton. Somente torre
- Fluxo ar do secador: 2.034 m³ ar/hora.* ton. Somente torre.

3.2.6 Modelo Secador 2 - Comil

O secador utilizado no processo de secagem, é um secador intermitente, de 125 toneladas, modelo cavalete, da marca COMIL modelo CM 3265DR.

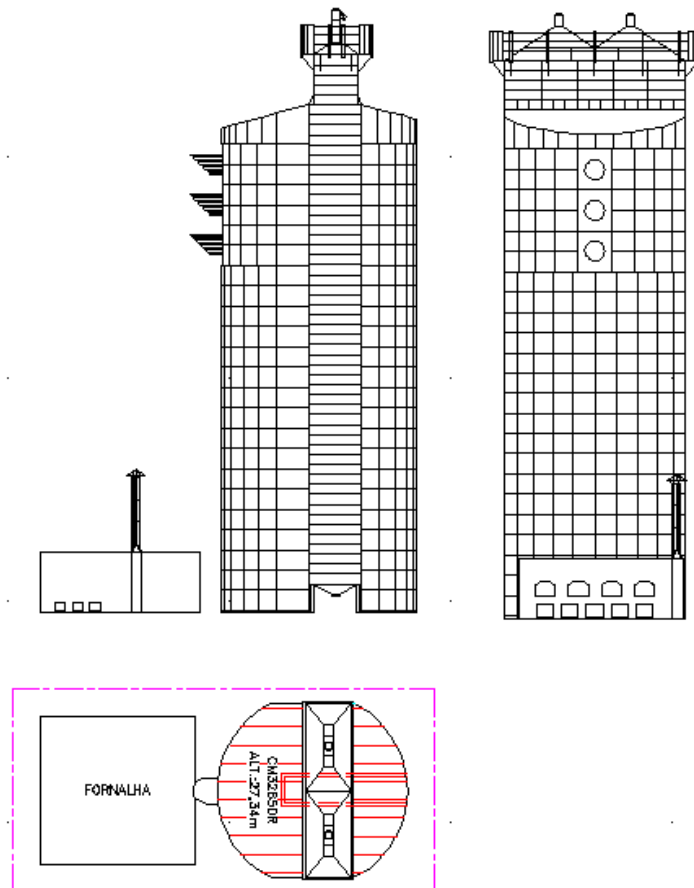


Figura 31 – Vista secador da comil.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 32 – Foto secador da comil.
Fonte: Acervo do autor (2013)

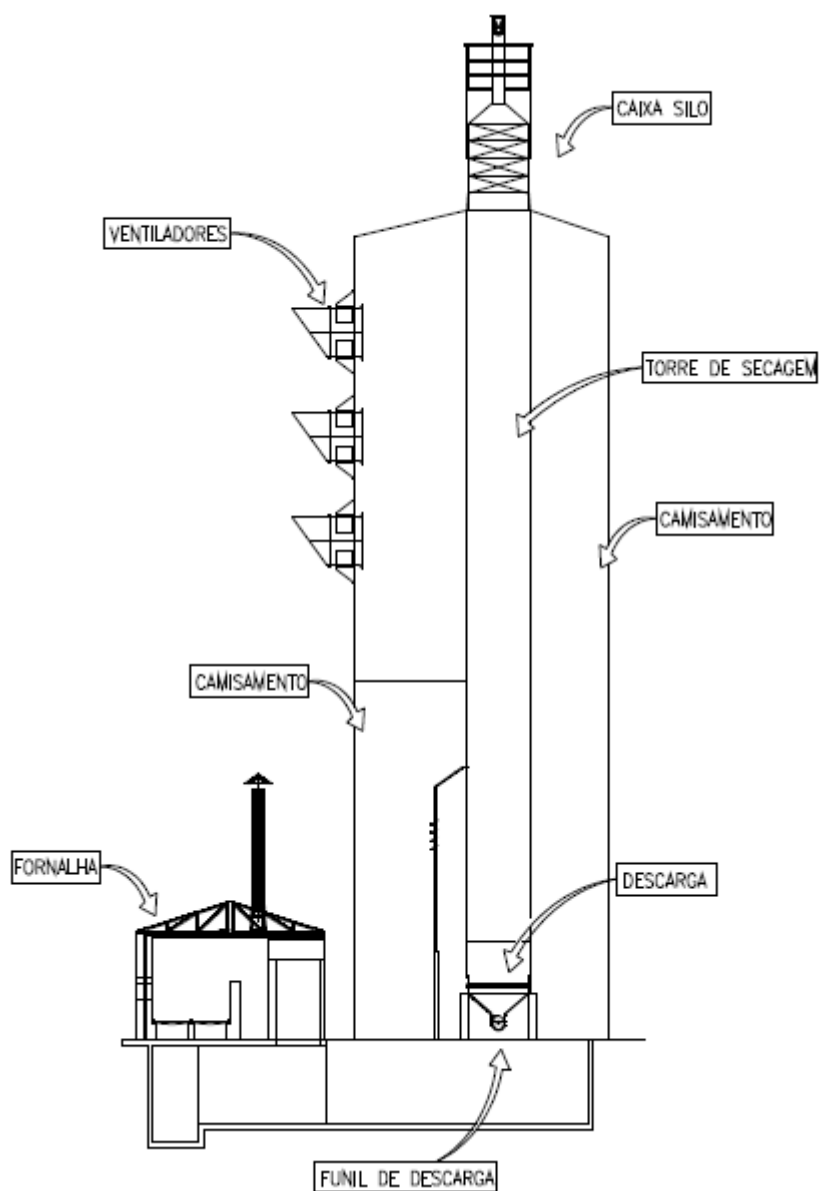


Figura 33 – Partes do secador da Comil.
Fonte: Acervo do autor (2013)

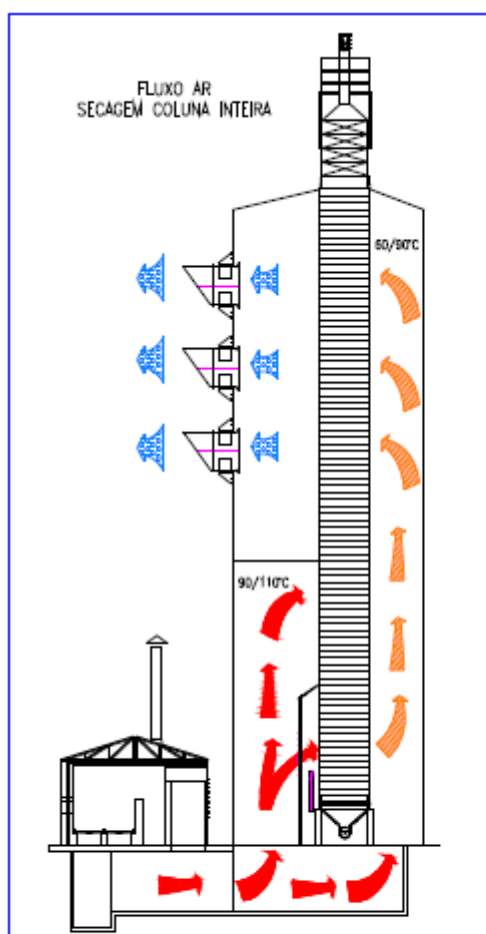


FIGURA - 2

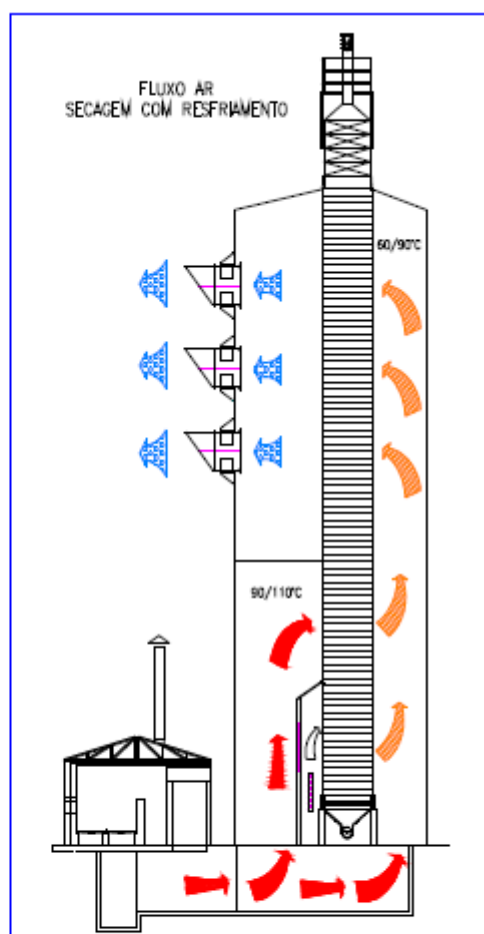


FIGURA - 3



FIGURA 02

FIGURA 03

Figura 34 – Fluxo do secador da Comi (A).
 Fonte: Acervo do autor (2013)

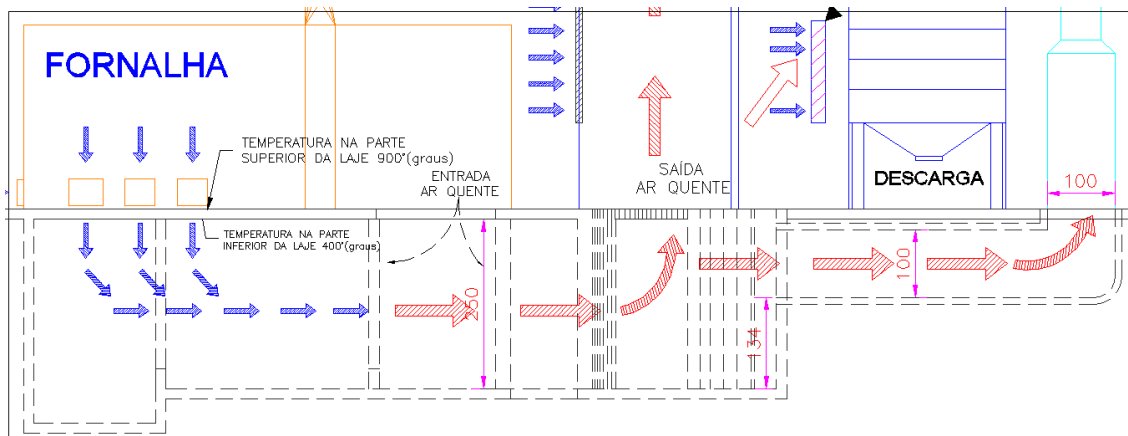


Figura 35 – Fluxo do secador da Comil (B).

Fonte: Acervo do autor (2013)

3.2.6.1 Dados Técnicos do Secador

- Comprimento: 8.780 mm
- Largura: 8.100 mm
- Altura: 28.540 mm
- Capacidade estática: 200.000 kg
- Capacidade estática torre secagem: 175.000 kg
- Capacidade estática caixa silo: 25.000 kg
- Peso específico considerado: 750 kg/m³
- Relação torre x Caixa silo : 7 para 1
- Volume ar secador: 225.000 m³/hora
- Fluxo ar do secador: 21,4 m³ ar/min.* ton. Somente torre
- Fluxo ar do secador: 1.285 m³ ar/hora.* ton. Somente torre

3.2.7 Fluxos de Secagem

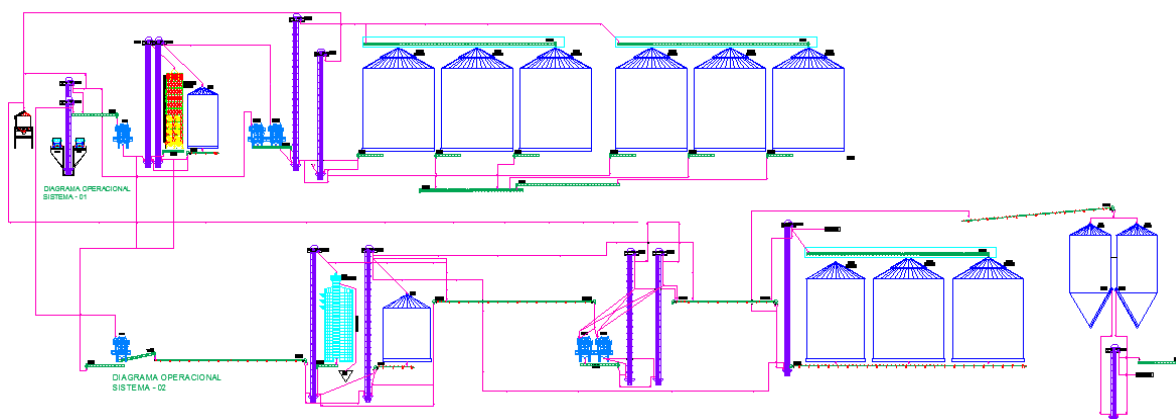


Figura 36 – Resumo do fluxo do produto entre a moega, secagem e armazenagem.
Fonte: Acervo do autor (2013)

3.2.8 Tratamentos Secagem

Para monitoramento da secagem temos:

Tabela 1 – Secador 1, marca Silomax, secagem coluna inteira, temperaturas do ar de secagem na media na câmara de ar quente.

Secador 1	Temperatura câmara quente	Temperatura ar massa grão	Diferença temperatura câmara quente e massa grão	Temperatura media grão	Temperatura máxima grão
Lote 1	88	63	25	45	54
Lote 2	102	70	32	42	56
Lote 3	111	84	27	45	49
Lote 4	116	89	27	42	54
Lote 8	122	94	28	42	54

Fonte: Media calculada pelos dados do Sitrad, durante a secagem na carga e rodizio do secador.

Tabela 2 – Secador 2, marca Comil, secagem coluna inteira, temperaturas do ar de secagem na media na câmara de ar quente.

Secador 2	Temperatura câmara quente	Temperatura ar massa grão	Diferença temperatura câmara quente e massa grão	Temperatura media grão	Temperatura máxima grão
Lote 15	84	50	34	49	57
Lote 16	107	83	24	48	56
Lote 17	84	67	17	41	45
Lote 18	87	52	35	42	44
Lote 19	97	55	42	48	53
Lote 20	81	50	31	41	50

Fonte: Media calculada pelos dados do Sitrad, durante a secagem na carga e rodizio do secador.

Tabela 3 – Secador 2, marca Comil, secagem com resfriamento, temperaturas do ar de secagem na media na câmara de ar quente.

Secador 2	Temperatura câmara quente	Temperatura ar massa grão	Diferença temperatura câmara quente e massa grão	Temperatura media grão	Temperatura máxima grão
Lote 11	84	48	36	44	49
Lote 12	90	54	36	47	49
Lote 13	81	50	31	42	47
Lote 14	79	49	30	n	n

Fonte: Media calculada pelos dados do Sitrad, durante a secagem na carga e rodizio do secador.

Não foram efetuados repetições.

3.2.9 Monitoramento da Secagem

3.2.9.1 Parâmetros Físicos

- a) *Amostra do lote na entrada do secador, no começo da secagem lote (característica original grãos do lote)* – 1 para cada lote de grão. Estes grãos foram expostos ao sol, em camada de 2 cm de espessura, e a mesma foi movimentada frequentemente até atingir o teor de umidade de 12 %, para não perder a amostra por excesso de umidade.
- b) *Amostra do lote na descarga do produto no final da secagem do lote (característica do grão após a secagem)* - 1 amostra para cada lote de grão;
- c) *Umidade*: Foi feita a leitura de umidade na entrada do lote na secagem, e durante o processo de secagem a cada 15 minutos foi realizada uma leitura de umidade;
- d) *Temperatura do ar de secagem*: A cada 15 minutos foi efetuada uma leitura da temperatura do ar de entrada de secagem, temperatura do ar em contato com a massa de grãos e o ar de exaustão;



Figura 37 – Registro da temperatura do ar de entrada na câmara quente.
Fonte: Acervo do autor (2013)

- e) *Temperatura do ar de secagem*: A cada 5 segundos foi registrado uma leitura da temperatura do ar de entrada de secagem, temperatura do ar em contato com a massa de grãos;



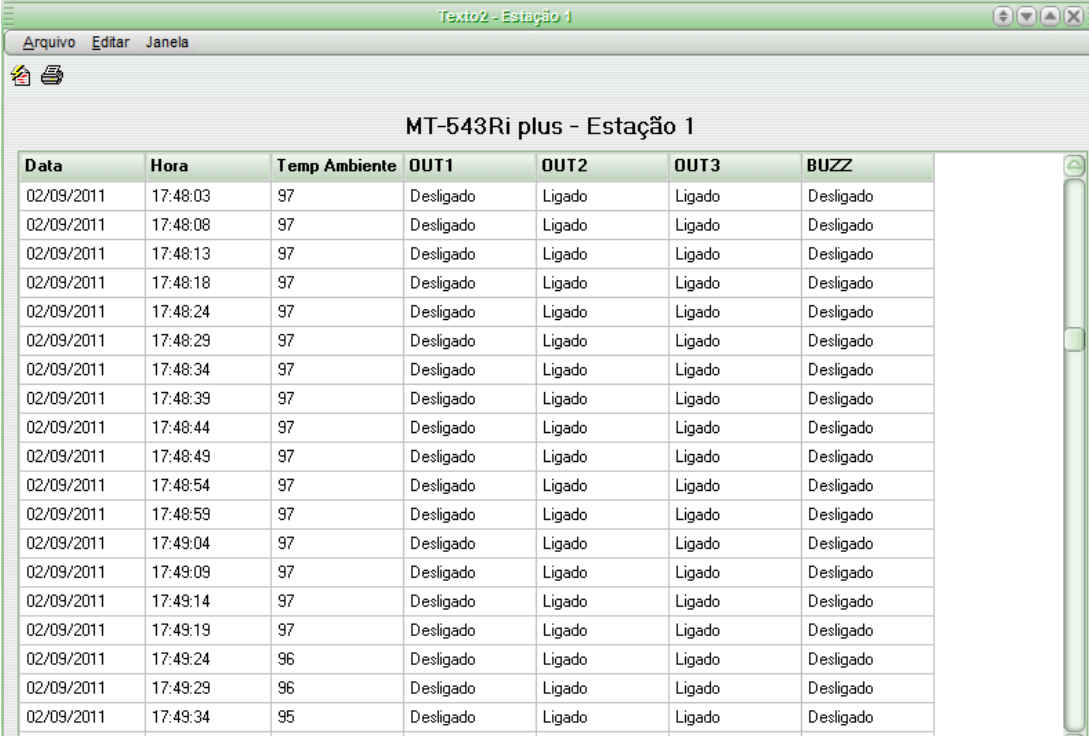
Figura 38 – Leitura da temperatura no campo.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 39 – Leitura da temperatura no sistema Sitrad, no software.
Fonte: Acervo do autor (2013)

Foi utilizado o software Sitrad, com dois pontos de leitura, um ponto registrando as leituras de entrada do ar na câmara quente, e outro ponto do ar em contato com a massa de grão, na torre de secagem, as leituras foram registradas de 5 em 5 segundos, e descarregadas no software para depois trabalhar com os números.

- Estação 1 – temperatura do ar de entrada na câmara de ar quente;
- Estação 2 – Temperatura do ar entre a massa de grão.



The screenshot shows a software window titled 'Texto2 - Estação 1'. Inside, there is a table titled 'MT-543Ri plus - Estação 1'. The table has seven columns: 'Data', 'Hora', 'Temp Ambiente', 'OUT1', 'OUT2', 'OUT3', and 'BUZZ'. The data rows show a sequence of measurements from 02/09/2011 at 17:48:03 to 17:49:34. The 'Temp Ambiente' column shows values of 97, 96, and 95. The 'OUT1' column is consistently 'Desligado', while 'OUT2' and 'OUT3' are consistently 'Ligado'. The 'BUZZ' column is consistently 'Desligado'.

Data	Hora	Temp Ambiente	OUT1	OUT2	OUT3	BUZZ
02/09/2011	17:48:03	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:08	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:13	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:18	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:24	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:29	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:34	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:39	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:44	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:49	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:54	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:59	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:04	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:09	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:14	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:19	97	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:24	96	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:29	96	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:34	95	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado

Figura 40 – Leitura da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 1, entrada de ar na câmara quente.

Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 41 – Resumo das Leituras da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 1, entrada de ar na câmara quente.

Fonte: Acervo do autor (2013)

Data	Hora	Temp Ambiente	OUT1	OUT2	OUT3	BUZZ
02/09/2011	17:48:03	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:08	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:13	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:18	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:23	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:28	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:33	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:38	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:43	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:48	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:53	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:48:58	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:03	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:08	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:13	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:18	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:23	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:28	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:34	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado
02/09/2011	17:49:39	76	Desligado	Ligado	Ligado	Desligado

Figura 42 – Leitura da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 2, entrada do ar em contato com a massa de grão.

Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 43 – Resumo das Leituras da temperatura no sistema Sitrad, no software, estação 2, entrada do ar em contato com a massa de grão.

Fonte: Acervo do autor (2013)

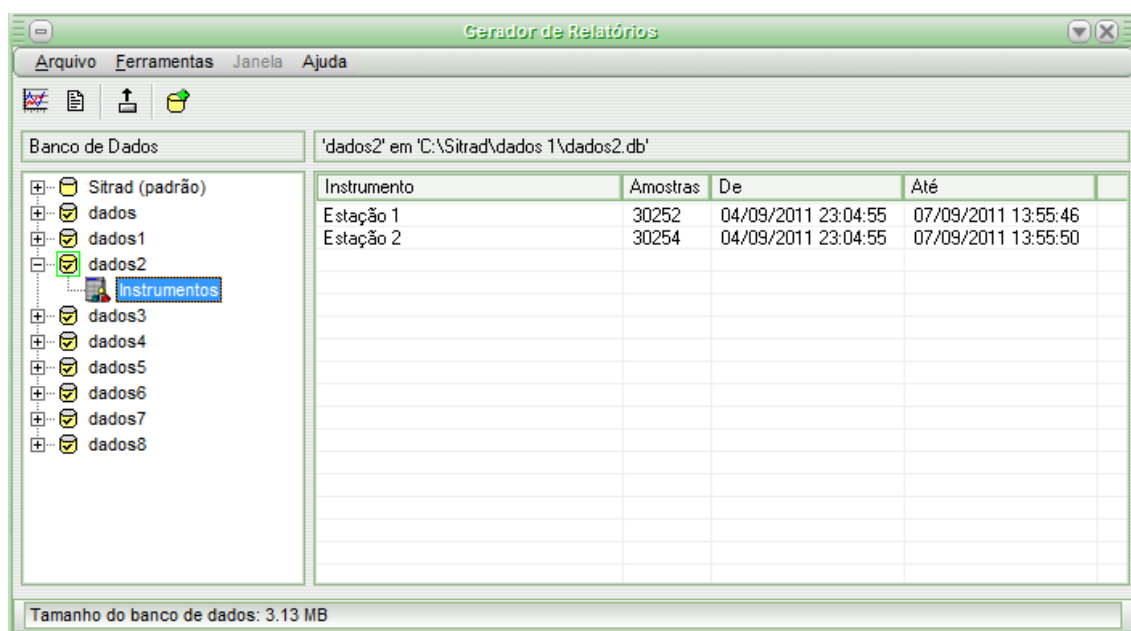


Figura 44 – Banco de dados das leituras armazenadas.

Fonte: Acervo do autor (2013)

- f) *Temperatura da massa grão*: A cada 30 minutos foi efetuada uma leitura da temperatura da massa de grãos;



Figura 45 – Leituras da temperatura da massa de grão.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 46 – Leituras da temperatura da massa de grão.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 47 – Leituras da temperatura da massa de grão.
Fonte: Acervo do autor (2013)

g) *Teste de coloração com tintura de iodo*: Contagem do número de sementes danificadas, análise realizada na UFPEL, laboratório de sementes;



Figura 48 – Amostras para encaminhar para laboratório para análise.
Fonte: Acervo do autor (2013)



Figura 49 – Amostras para encaminhar para laboratório para análise.
Fonte: Acervo do autor (2013)

- h) *Análise de proteína Bruta e Extrato Etéreo*: Análise realizada no laboratório da TECTRON, Toledo Paraná, laboratório especializado neste tipo de análise.

4 ANALISE

4.1 Secador 1 – Silomax

Tabela 4 – Análises secador 1 Silomax, coluna inteira

SECADOR 1 DATA	UNIDADE	LOTE 1 27/08/2011	LOTE 2 28/08/2011	LOTE 3 28/08/2011	LOTE 4 29/08/2011	LOTE 8 03/09/2011
INICIO						
CARREGAMENTO	HORAS	10:15	08:15	11:15	11:00	10:15
TERMINO						
CARREGAMENTO	HORAS	12:00	09:00	12:00	12:00	11:00
INICIO SECAGEM	HORAS	13:00	09:00	12:00	12:00	11:15
TERMINO SECAGEM	HORAS	17:30	11:00	15:45	15:15	13:45
TEMPO DE SECAGEM	HORAS	7:15	2:45	4:30	4:15	3:30
UMIDADE ENTRADA	%	22,53	21,20	24,48	23,42	23,42
UMIDADE SAIDA	%	13,60	15,28	15,28	14,83	14,83
UMIDADE RELATIVA	%					
TEMPERATURA	°C					
AMBIENTE						
TEMPERATURA GRAO	°C	45,05	42,10	44,15	41,09	41,09
MEDIA						
TEMPERATURA GRAO	°C	54,00	55,90	49,20	53,30	53,30
MAXIMA						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM CAMARA	°C	51,46	84,65	114,51	129,56	125,34
QUENTE DURANTE						
CARGA						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM NA MASSA	°C	42,12	55,42	88,49	102,36	99,99
GRAO DURANTE						
CARGA						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM CAMARA	°C	123,16	117,52	107,22	101,76	116,87
QUENTE DURANTE						
RODIZIO						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM NA MASSA	°C	84,00	82,72	78,48	75,25	87,12
GRAO DURANTE						
RODIZIO						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM CAMARA	°C	87,31	101,09	110,87	115,66	121,10
QUENTE MEDIA						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM NA MASSA	°C	63,06	69,07	83,48	88,80	93,55
GRAO MEDIA						
DIFERENCA						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM CAMARA	°C	24,25	32,02	27,38	26,86	27,55
QUENTE E MASSA						
GRAO						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM CAMARA	°C	153,00	144,00	131,00	150,00	130,00
QUENTE MAXIMA						
TEMPERATURA AR						
SECAGEM NA MASSA	°C	103,00	103,00	91,00	109,00	93,00

GRAO MAXIMA						
PROTEINA BRUTA - ENTRADA SECADOR	A	7,59	8,19	7,6	6,48	8,32
ESTRATO ETereo - ENTRADA SECADOR	A	2,67	2,9	2,9	3,52	3,51
PROTEINA BRUTA - SAIDA SECADOR	B	7,72	8,15	7,81	8,69	7,91
ESTRATO ETereo - SAIDA SECADOR	B	2,99	3,15	3,3	3	3,45
PROTEINA BRUTA - SILO ARMAZENAGEM	C	8,06	8,32	7,96	7,6	8,31
ESTRATO ETereo - SILO ARMAZENAGEM	C	3,42	3,22	2,9	3,73	3,28
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MAXIMA	°C	103,00	103,00	91,00	109,00	93,00
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MEDIA	°C	63,06	69,07	83,48	88,80	93,55
DANOS MECANICOS UFPEL - ENTRADA SECADOR	A	32	19	12	16	15
DANOS MECANICOS UFPEL - SAIDA SECADOR	B	19	32	18	32	13
DANOS MECANICOS UFPEL - SILO ARMAZENAGEM	C	20	17	42	16	42
UMIDADE SAIDA	%	13,6	15,275	15,275	14,825	14,825
TEMPO DE SECAGEM	HORAS	7:15	2:45	4:30	4:15	3:30

Fonte: Acervo do autor (2013)

Em função dos lotes 5, 6, 7 faltarem dados de coleta de temperatura serão desconsiderados.

Em função do lote 9 não esta com a umidade ideal no termino da secagem, muito úmido vamos desconsiderar o teste.

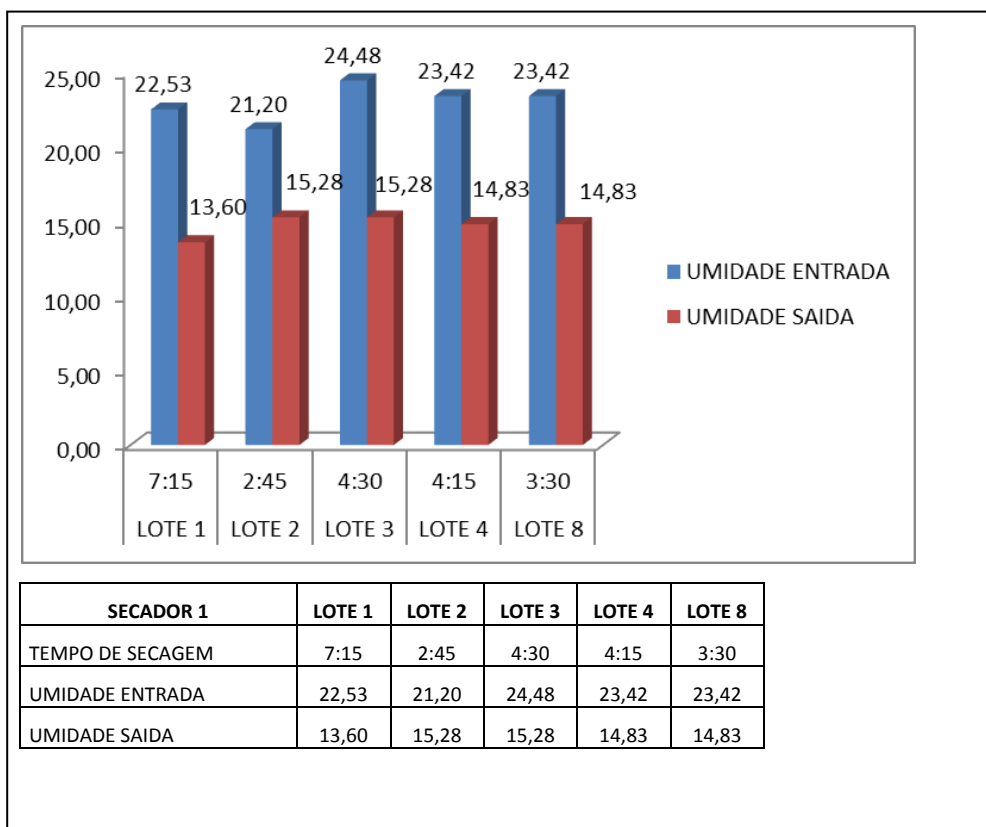


Figura 50 – Umidade entrada X umidade saída X tempo secagem.
Fonte: Acervo do autores (2013)

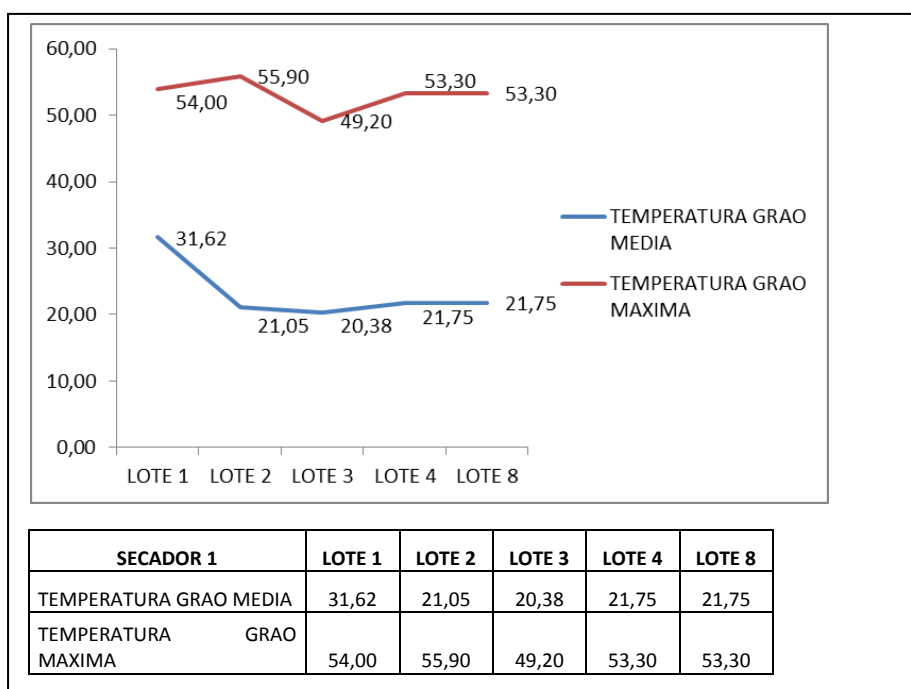


Figura 51 – Temperatura grão media X temperatura máxima na amostra de saída do secador durante a descarga do lote após a secagem.
Fonte: Acervo do autores (2013)

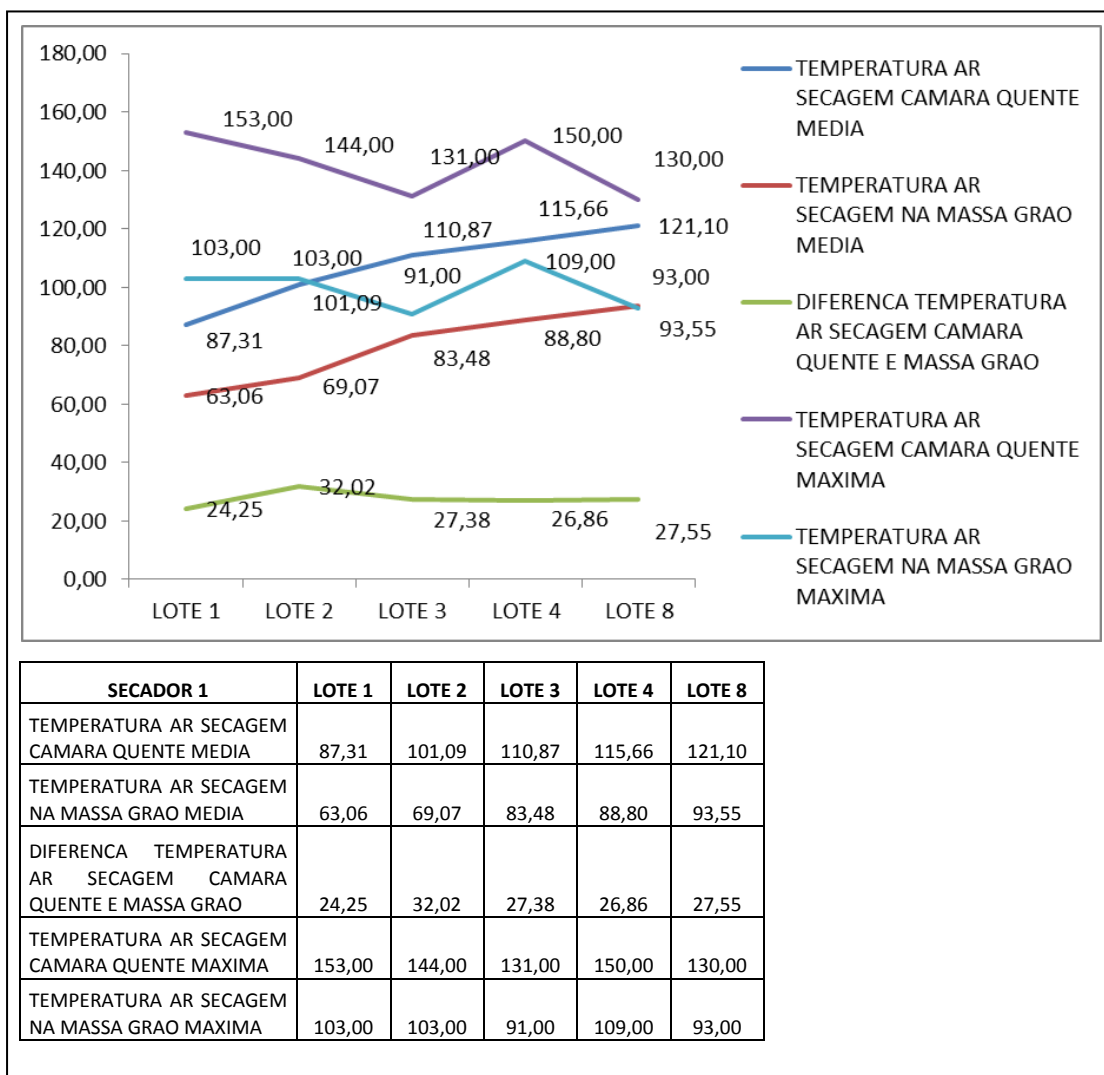


Figura 52 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de máxima e media.

Fonte: Acervo do autores (2013)

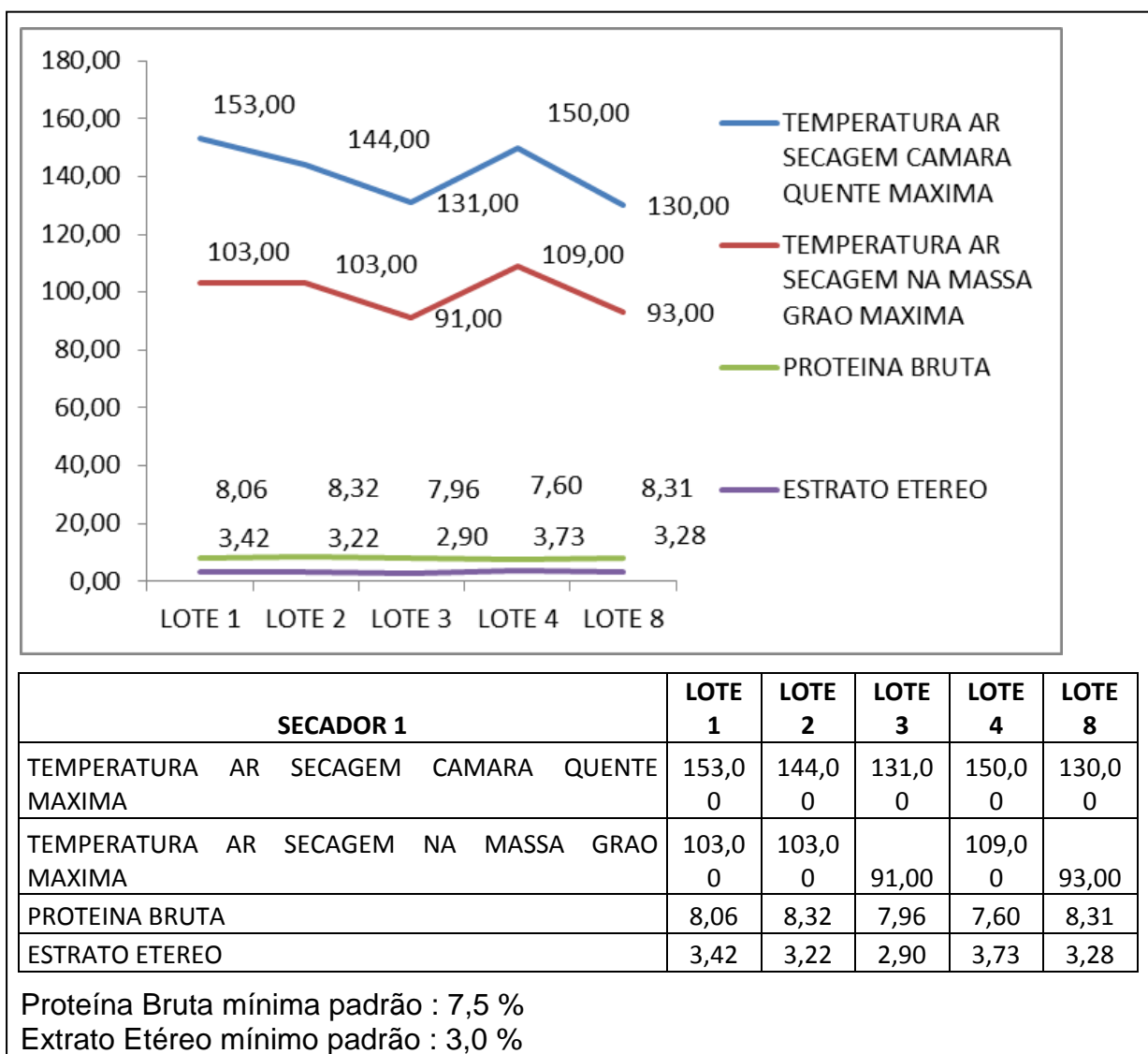


Figura 53 – Proteína bruta e extrato etéreo em função da temperatura de secagem câmara quente e temperatura da massa de grão.

Fonte: Acervo do autores (2013)

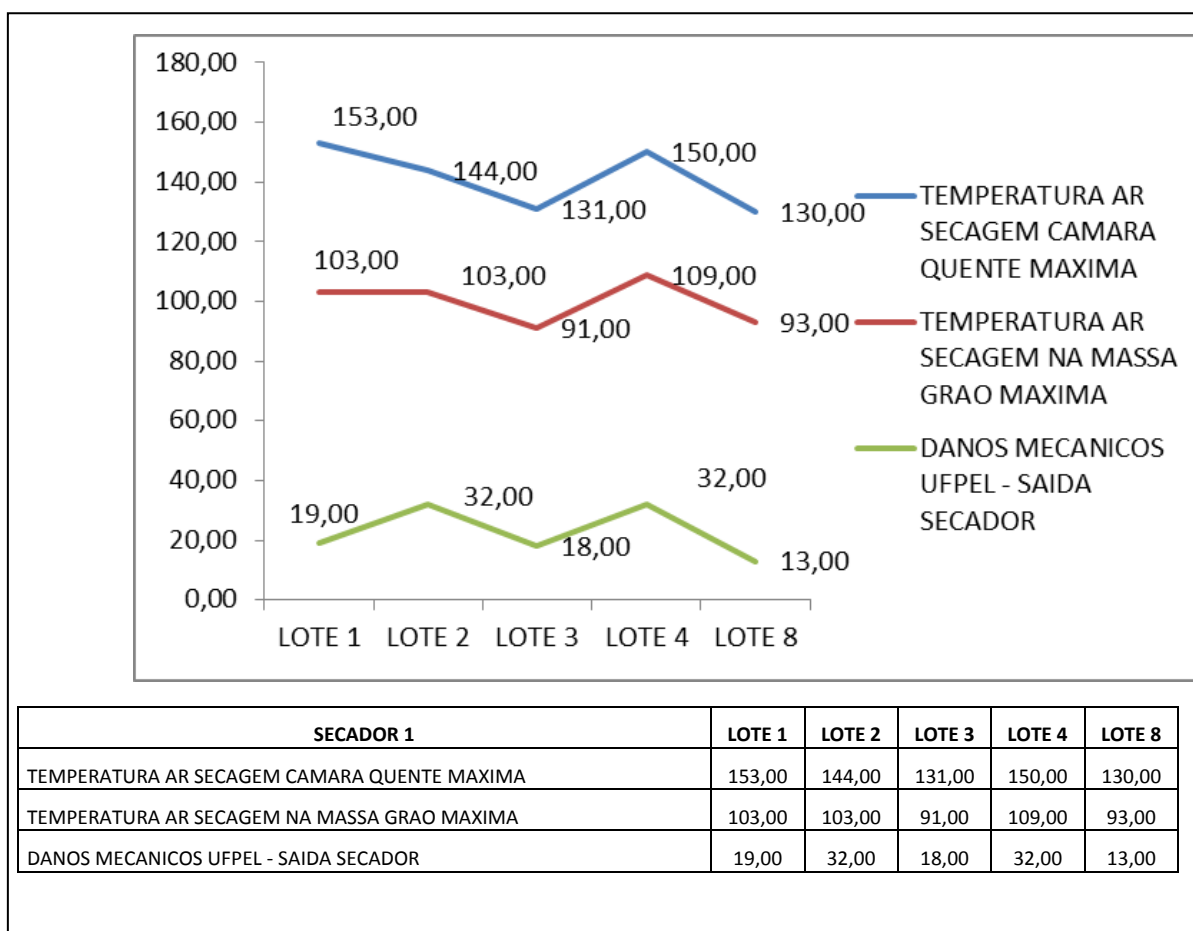


Figura 54 – Danos mecânicos de acordo com a temperatura de secagem câmara quente e temperatura na massa grão.

Fonte: Acervo do autores (2013)

4.2 Secador 2 – Comil

4.2.1 Secador 2 – Comil Coluna Inteira

Tabela 5 – Análises secador 2 Comil, coluna inteira

SECADOR 1 DATA	UNIDADE	LOTE 15 14/09/2011	LOTE 16 14/09/2011	LOTE 17 15/09/2011	LOTE 18 15/09/2011	LOTE 19 21/09/2011	LOTE 20 22/09/2011
INICIO							
CARREGAMENTO	HORAS	08:15	13:30	08:30	13:00	12:00	10:30
TERMINO							
CARREGAMENTO	HORAS	09:45	14:45	10:15	15:00	13:30	12:00
INICIO SECAGEM	HORAS	10:00	15:00	10:30	15:15	13:45	12:15
TERMINO							
SECAGEM	HORAS	13:15	17:30	12:45	17:30	18:15	14:15
TEMPO DE							
SECAGEM	HORAS	5:00	4:00	4:15	4:30	6:15	3:45
UMIDADE							
ENTRADA	%	21,71	21,40	21,76	21,32	21,33	21,13
UMIDADE SAIDA	%	13,35	13,20	14,29	14,35	13,66	14,12
TEMPERATURA	°C	48,46	47,28	40,17	42,05	47,28	40,53
GRAO MEDIA							
TEMPERATURA	°C	56,80	55,40	44,30	43,80	52,90	49,30
GRAO MAXIMA							
TEMPERATURA AR							
SECAGEM							
CAMARA QUENTE	°C	71,28	107,26	79,94	86,22	97,90	89,58
DURANTE CARGA							

TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO DURANTE CARGA	°C	44,43	59,43	45,69	51,33	54,63	52,16
TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE DURANTE RODIZIO	°C	95,79	104,93	87,02	87,31	95,79	70,67
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO DURANTE RODIZIO	°C	54,61	104,93	87,02	51,99	55,03	46,53
TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE MEDIA	°C	83,54	106,09	83,48	86,76	96,85	80,13
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MEDIA	°C	49,52	82,18	66,36	51,66	54,83	49,34
DIFERENCA TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE E MASSA GRAO	°C	34,02	23,91	17,12	35,11	42,02	30,78
TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE MAXIMA	°C	106,00	121,00	97,00	94,00	106,00	78,00
TEMPERATURA AR SECAGEM NA	°C	58,00	67,00	55,00	55,00	56,00	52,00

MASSA GRAO MAXIMA PROTEINA BRUTA - ENTRADA SECADOR ESTRATO ETereo	A	7,87		7,92	8,08	8,14	8
- ENTRADA SECADOR PROTEINA BRUTA - SAIDA SECADOR ESTRATO ETereo	A	4,01		3,78	3,41	3,68	3,54
- SAIDA SECADOR PROTEINA BRUTA - SILO ARMAZENAGEM ESTRATO ETereo	B	8,2	7,57	7,61	7,64	7,87	7,55
- SILO ARMAZENAGEM TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MAXIMA TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MEDIA DANOS MECANICOS UFPEL - ENTRADA SECADOR DANOS	B	3,15	4,02	3,7	3,36	3,83	3,59
	C	8,09	7,49		8,09	7,82	
	C	3,29	3,35		2,95	3,3	
	°C	58,00	67,00	55,00	55,00	56,00	52,00
	°C	49,52	82,18	66,36	51,66	54,83	49,34
	A	16	19	12	19	17	
	B	29	20	9	21	23	

MECANICOS UFPEL - SAIDA SECADOR DANOS MECANICOS UFPEL - SILO ARMAZENAGEM UMIDADE SAIDA TEMPO DE SECAGEM	C	28	16	20	20	24	
	%	13,35	13,2	14,29	14,35	13,66	14,12
	HORAS	5:00	4:00	4:15	4:30	6:15	3:45

Fonte: Acervo dos autores (2013)

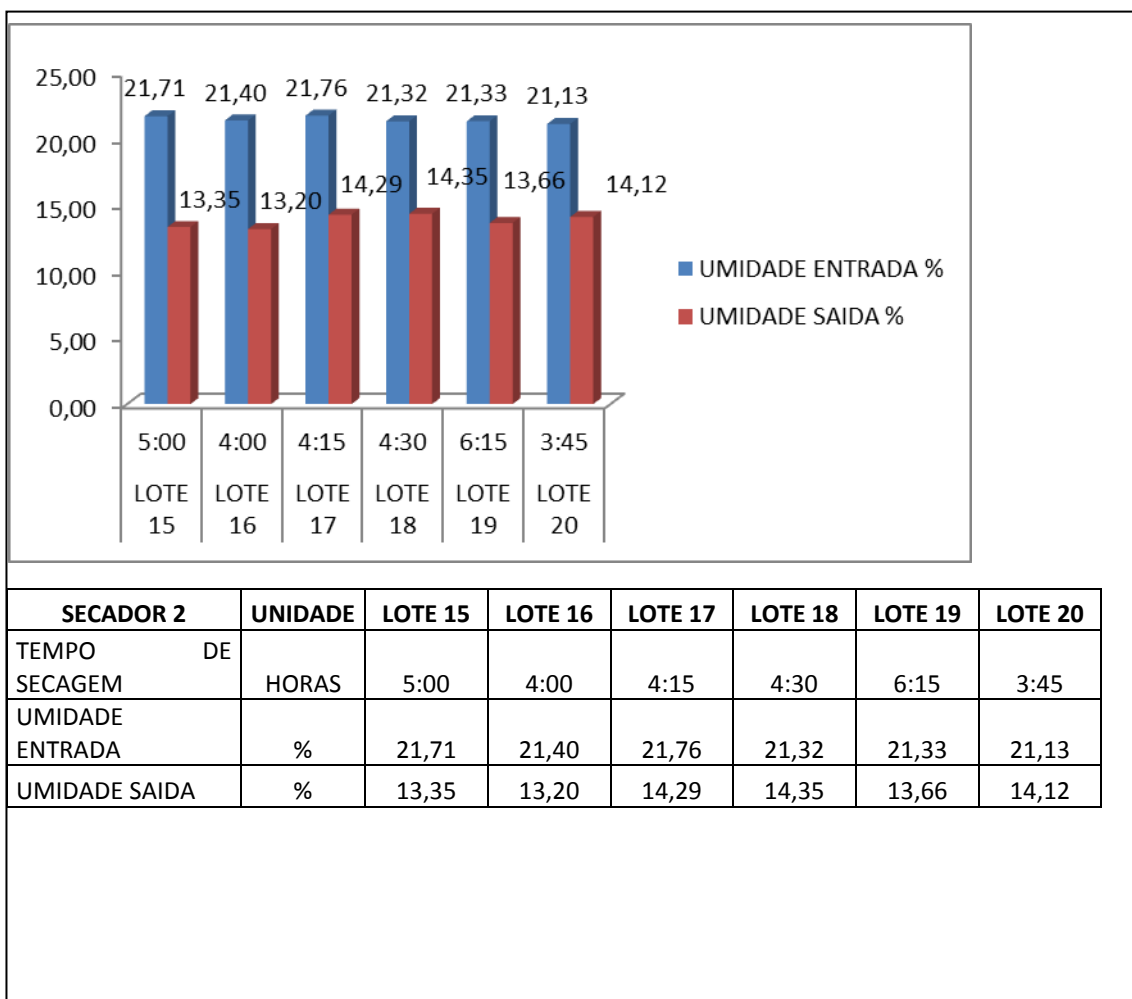


Figura 55 – Umidade entrada X umidade saída X tempo secagem.
 Fonte: Acervo do autores (2013)

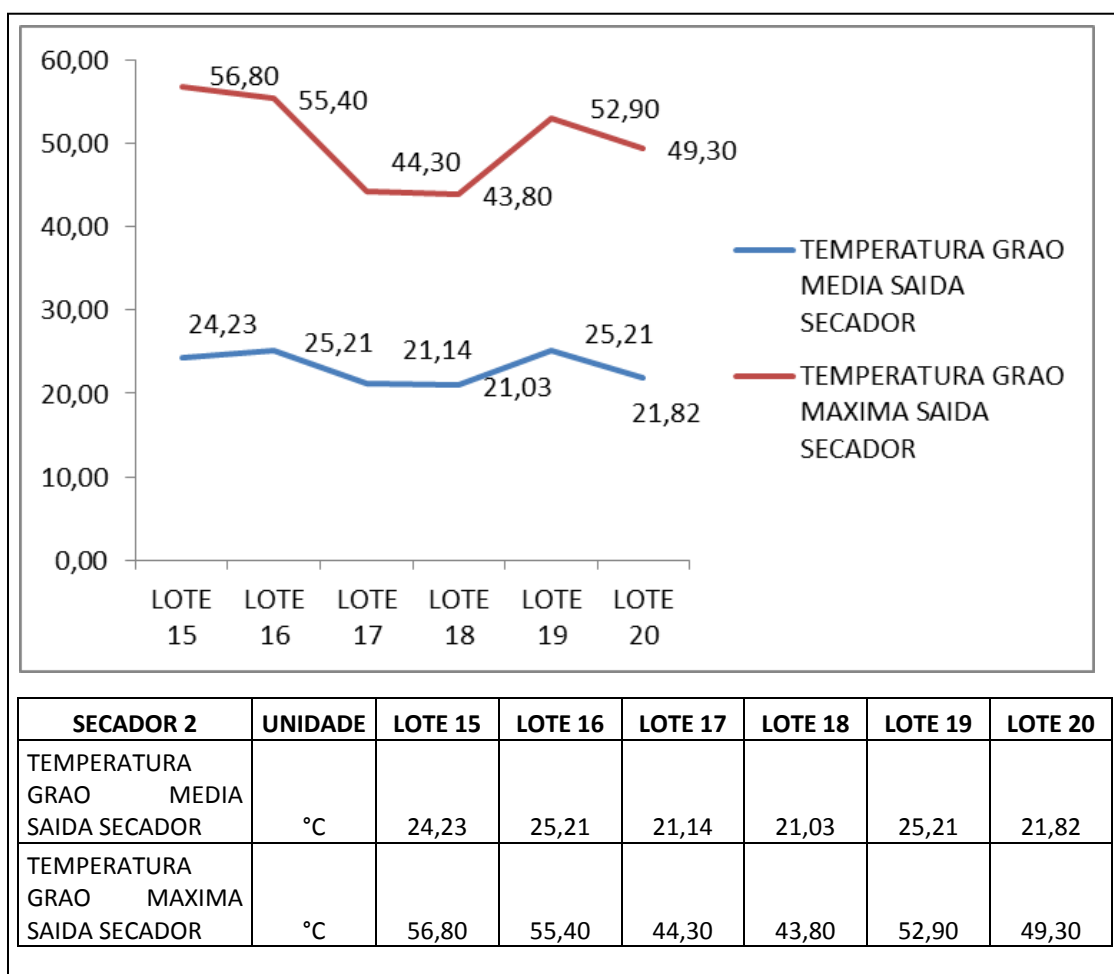


Figura 56 – Temperatura grão media X temperatura máxima na amostra de saída do secador durante a descarga do lote após a secagem.

Fonte: Acervo do autores (2013)

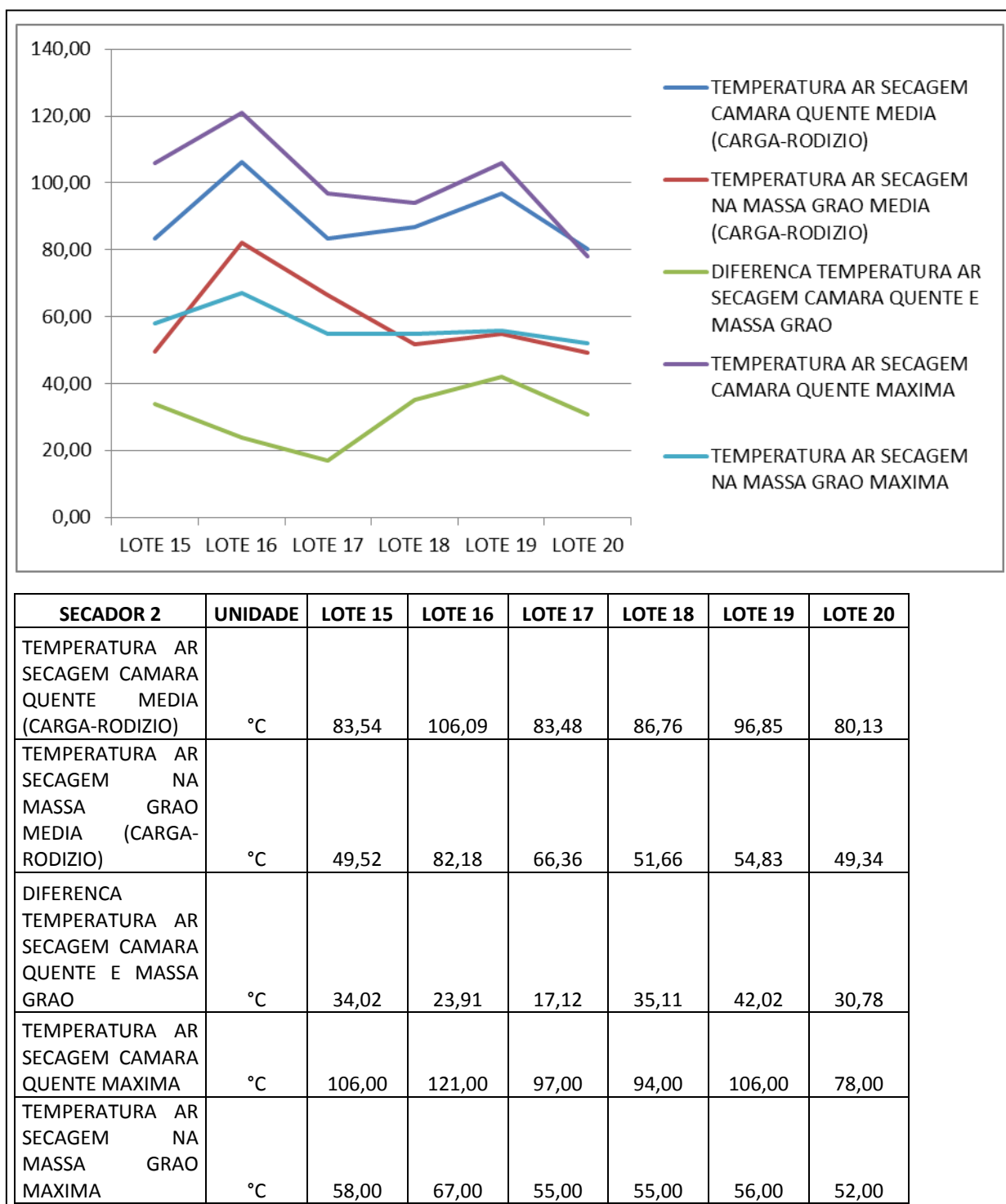


Figura 57 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de máxima e média.

Fonte: Acervo do autores (2013)

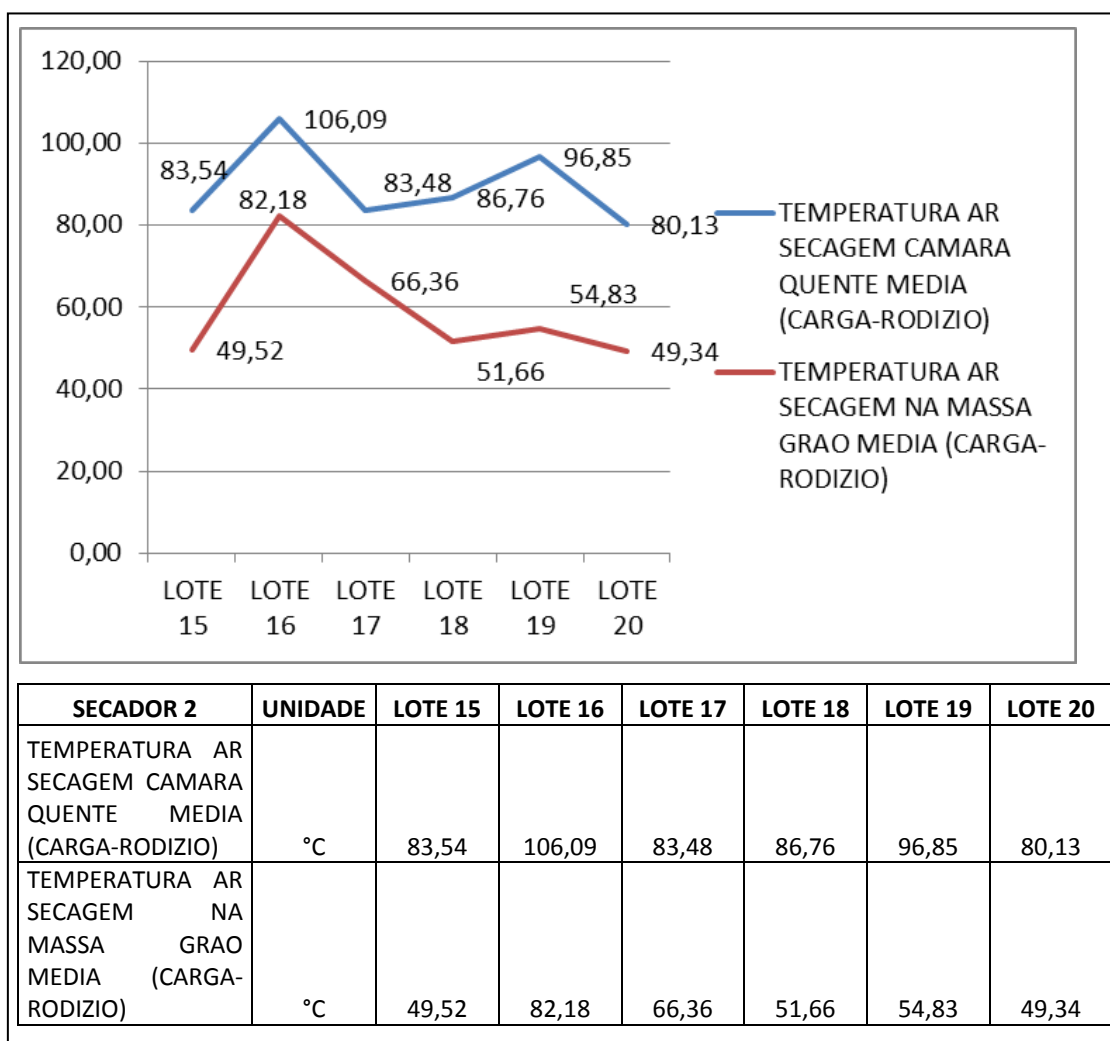


Figura 58 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de media.

Fonte: Acervo do autores (2013)

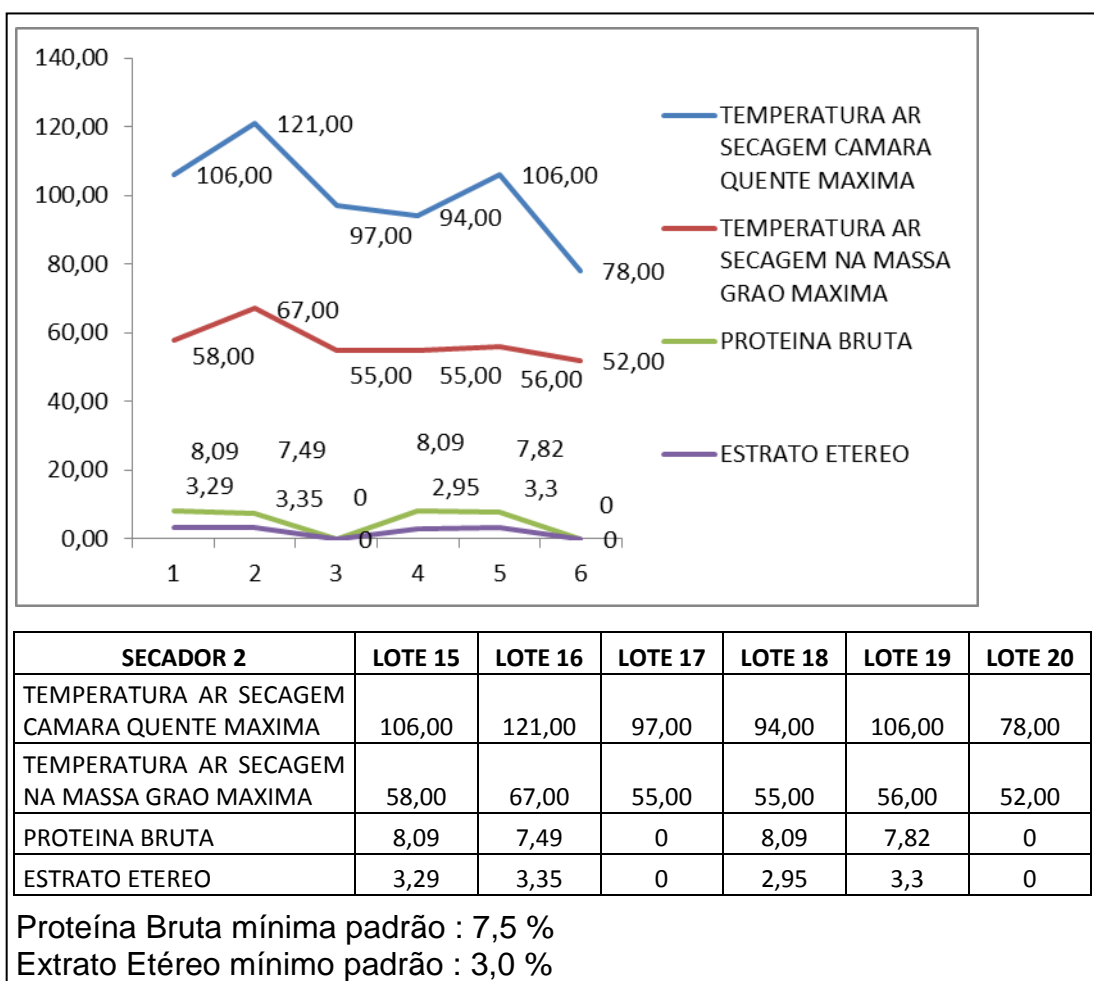


Figura 59 – Proteína bruta e extrato etéreo em função da temperatura de secagem câmara quente e temperatura da massa de grão.

Fonte: Acervo do autores (2013)

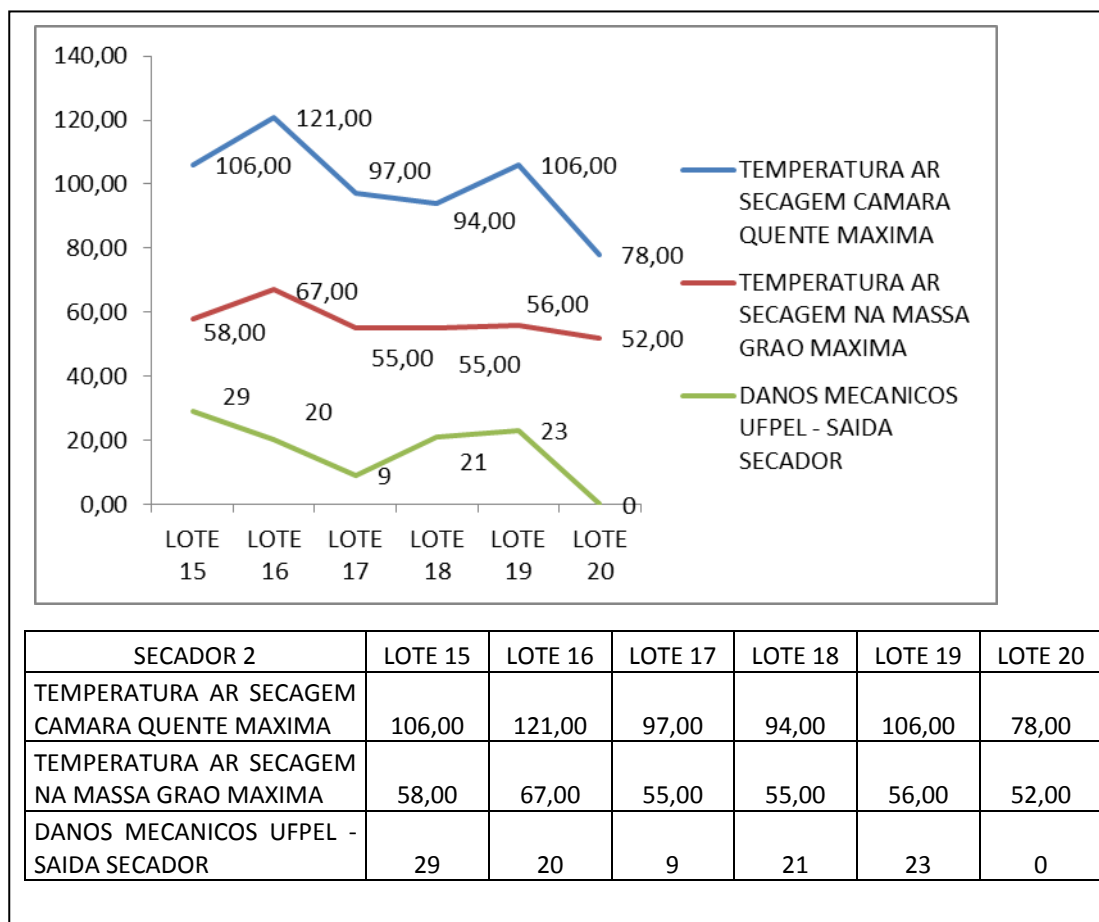


Figura 60 – Danos mecânicos de acordo com a temperatura de secagem câmara quente e temperatura na massa grão.

Fonte: Acervo do autores (2013)

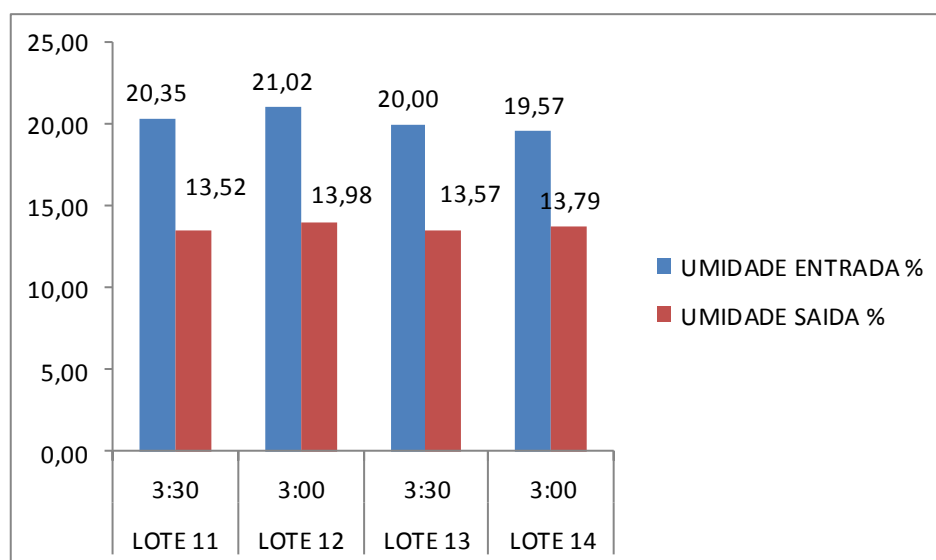
4.3 Secador 2 – Comil com Resfriamento

Tabela 6 – Análises secador 2 Comil, com resfriamento

SECADOR 1 DATA	UNIDADE	LOTE 11 29/09/2011	LOTE 12 29/09/2011	LOTE 13 30/09/2011	LOTE 14 03/10/2011
INICIO CARREGAMENTO	HORAS	09:00	12:45	11:30	10:30
TERMINO					
CARREGAMENTO	HORAS	10:15	14:00	13:00	12:00
INICIO SECAGEM	HORAS	10:30	14:15	13:15	12:15
TERMINO SECAGEM	HORAS	12:30	15:45	15:00	13:30
TEMPO DE SECAGEM	HORAS	3:30	3:00	3:30	3:00
UMIDADE ENTRADA	%	20,35	21,02	20,00	19,57
UMIDADE SAIDA	%	13,52	13,98	13,57	13,79
UMIDADE RELATIVA	%				
TEMPERATURA AMBIENTE	°C				
TEMPERATURA GRAO					
MEDIA	°C	43,58	47,07	41,25	NAO
TEMPERATURA GRAO					
MAXIMA	°C	48,60	48,60	46,70	NAO
TEMPERATURA AR					
SECAGEM CAMARA					
QUENTE DURANTE					
CARGA	°C	82,05	92,69	83,12	80,31
TEMPERATURA AR					
SECAGEM NA MASSA					
GRAO DURANTE CARGA	°C	46,66	55,36	52,29	49,30
TEMPERATURA AR					
SECAGEM CAMARA					
QUENTE DURANTE					
RODIZIO	°C	86,07	87,48	77,89	75,89
TEMPERATURA AR					
SECAGEM NA MASSA					
GRAO DURANTE RODIZIO	°C	49,53	52,48	47,43	48,10
TEMPERATURA AR					
SECAGEM CAMARA					
QUENTE MEDIA	°C	84,06	90,08	80,51	78,10
TEMPERATURA AR					
SECAGEM NA MASSA					
GRAO MEDIA	°C	48,09	53,92	49,86	48,70
DIFERENCA					
TEMPERATURA AR					
SECAGEM CAMARA					
QUENTE E MASSA GRAO	°C	35,97	36,17	30,65	29,40
TEMPERATURA AR					
SECAGEM CAMARA					
QUENTE MAXIMA	°C	93,00	93,00	88,00	80,00
TEMPERATURA AR					
SECAGEM NA MASSA					
GRAO MAXIMA	°C	53,00	58,00	52,00	50,00
PROTEINA BRUTA -					
ENTRADA SECADOR	A	7,65	8,21	8,33	8,16
ESTRATO ETereo -	A	3,98	3,38	3,06	2,84

ENTRADA SECADOR					
PROTEINA BRUTA - SAIDA SECADOR	B	7,65	8,18	8,23	8,12
ESTRATO ETereo - SAIDA SECADOR	B	3,31	3,48	2,84	2,83
PROTEINA BRUTA - SILO ARMAZENAGEM	C	7,98	7,76	8,34	8,41
ESTRATO ETereo - SILO ARMAZENAGEM	C	3,38	3,27	2,79	2,72
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MAXIMA	°C	53,00	58,00	52,00	50,00
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MEDIA	°C	48,09	53,92	49,86	48,70
DANOS MECANICOS UFPEL - ENTRADA SECADOR	A	13	14	18	12
DANOS MECANICOS UFPEL - SAIDA SECADOR	B	18	12	20	11
DANOS MECANICOS UFPEL - SILO ARMAZENAGEM	C	16	13	17	14
UMIDADE SAIDA	%	13,52	13,98	13,57	13,79
TEMPO DE SECAGEM	HORAS	3:30	3:00	3:30	3:00

Fonte: Acervo do autor (2013)



SECADOR 2	UNIDADE	LOTE 11	LOTE 12	LOTE 13	LOTE 14
TEMPO DE SECAGEM	HORAS	3:30	3:00	3:30	3:00
UMIDADE ENTRADA	%	20,35	21,02	20,00	19,57
UMIDADE SAIDA	%	13,52	13,98	13,57	13,79

Figura 61 – Umidade entrada X umidade saída X tempo secagem.

Fonte: Acervo do autor (2013)

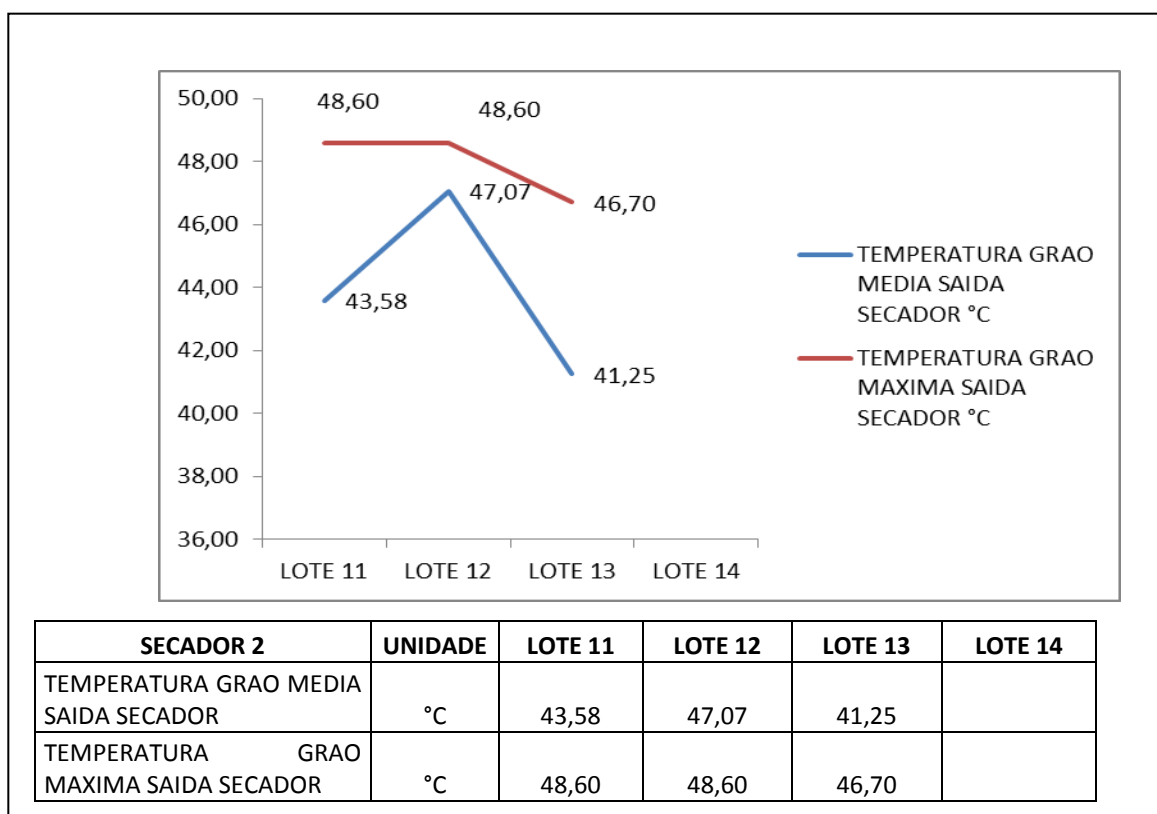


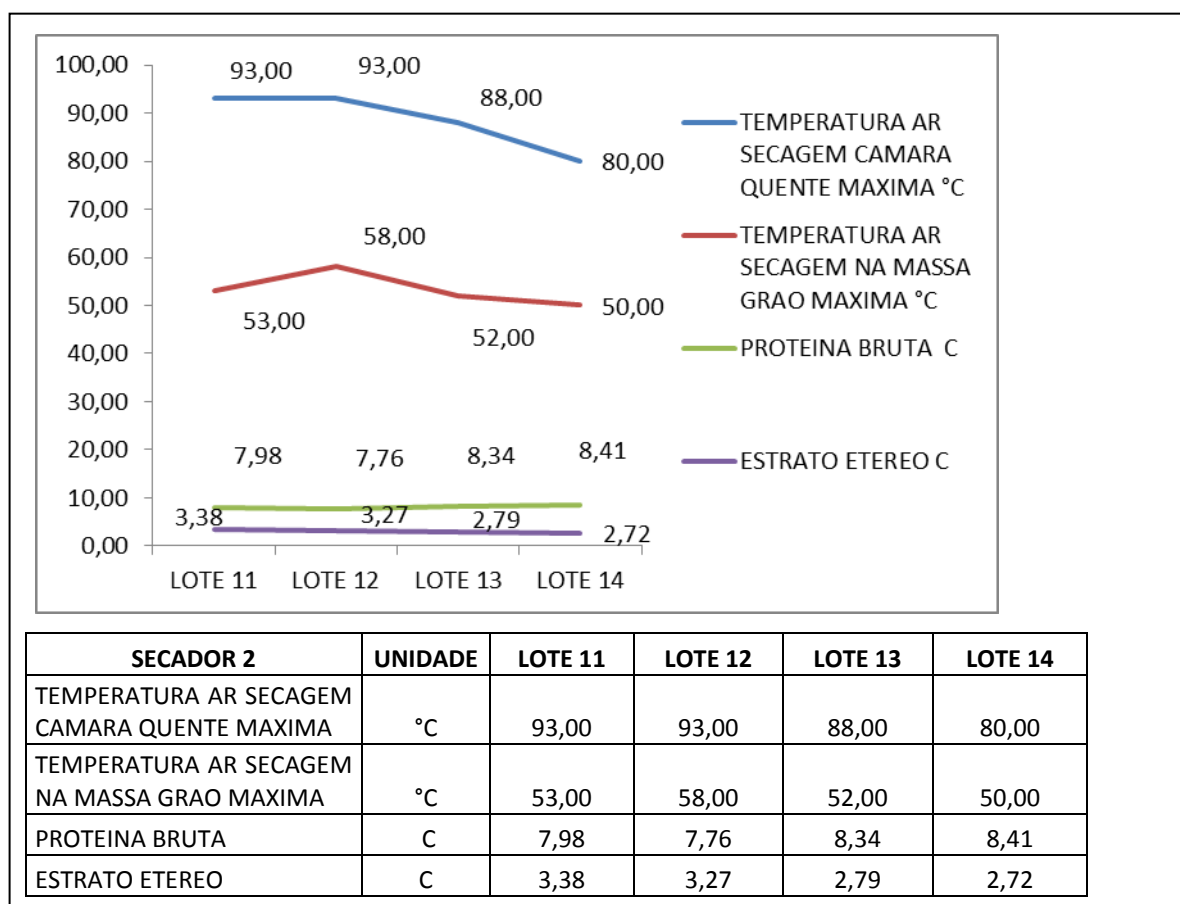
Figura 62 – Temperatura grão media X temperatura máxima na amostra de saída do secador durante a descarga do lote após a secagem.

Fonte: Acervo do autor (2013)

SECADOR 2	UNIDADE	LOTE 11	LOTE 12	LOTE 13	LOTE 14
TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE MEDIA (CARGA-RODIZIO)	°C	84,06	90,08	80,51	78,10
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MEDIA (CARGA-RODIZIO)	°C	48,09	53,92	49,86	48,70
DIFERENCA TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE E MASSA GRAO	°C	35,97	36,17	30,65	29,40
TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE MAXIMA	°C	93,00	93,00	88,00	80,00
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MAXIMA	°C	53,00	58,00	52,00	50,00

Figura 63 – Temperatura ar secagem na câmara quente, temperatura do ar de secagem na massa de grão análise de máxima e media.

Fonte: Acervo do autor (2013)

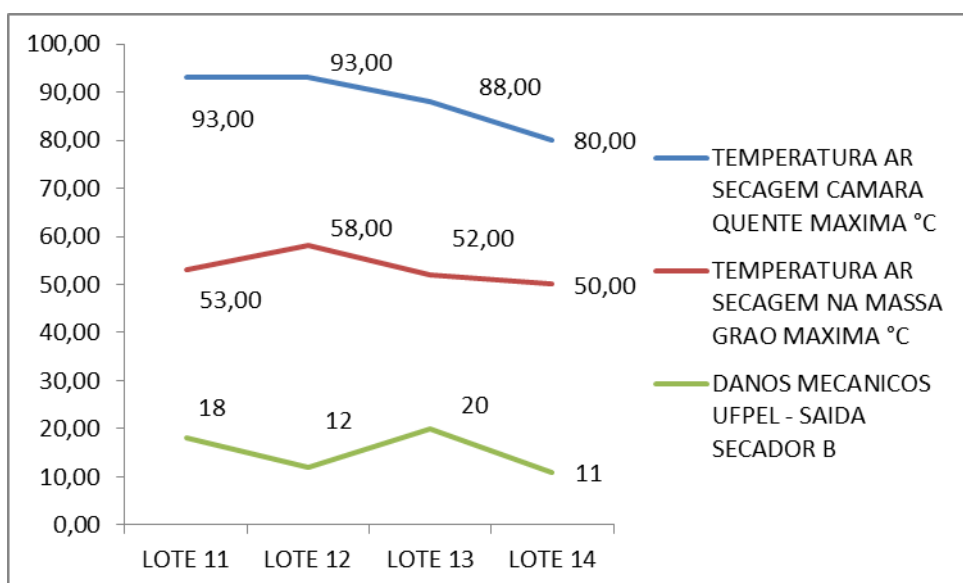


Proteína Bruta mínima padrão : 7,5 %

Extrato Etéreo mínimo padrão : 3,0 %

Figura 64 – Proteína bruta e extrato etéreo em função da temperatura de secagem câmara quente e temperatura da massa de grão.

Fonte: Acervo do autor (2013)



SECADOR 2	UNIDADE	LOTE 11	LOTE 12	LOTE 13	LOTE 14
TEMPERATURA AR SECAGEM CAMARA QUENTE MAXIMA	°C	93,00	93,00	88,00	80,00
TEMPERATURA AR SECAGEM NA MASSA GRAO MAXIMA	°C	53,00	58,00	52,00	50,00
DANOS MECANICOS UFPEL - SAIDA SECADOR	B	18	12	20	11

Figura 65 – Danos mecânicos de acordo com a temperatura de secagem câmara quente e temperatura na massa grão.

Fonte: Acervo do autor (2013)

5 CONSIDERAÇÕES

- Conseguimos visualizar que o aumento da temperatura na entrada do secador na câmara quente, não é proporcional na torre de secagem, ou seja, que à partir de uma determinada temperatura o adicional de temperatura é lançado para atmosfera pelo ventiladores;
- Como software de monitoramento de temperatura conseguimos visualizar que durante a noite se tem muito picos de temperatura;
- As temperaturas marcadas pelos operadores na planilha de secagem não é a mesma que registramos no software.
- Há uma tendência de menos trincas no secador de cavalete utilizando o resfriamento da massa de grãos.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Nelson Moreira de; NAKAGAWA, João. **Semente: Ciência, Tecnologia e Produção**. 3. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1979.

DIOS, Carlos Alberto de. **Secado de Granos y Secadoras**. Santiago 1996.

I.SILVA, Juarez de Souza. **Pré-Processamento de Produtos Agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995.

KEPLER WEBER. Catálogo de produtos. 12 pp, 2009

SILVA, Luís César da. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000.

SILVA, Luís César da. **Secagem de Grãos**. Boletim Técnico: AG: 04/05 em 29/03/2005. Campus de Alegre – Alegre: ES. UFES – Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: silvalc@cca.ufes.br.

WEBER, Érico. **Armazenagem agrícola**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2001.