

UNIOESTE – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARCUS BOCHI DA SILVA VOLK

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO
EQUIPAMENTO DE AR REFRIGERADO NA CONSERVAÇÃO DE TRIGO
ARMAZENADO

CASCADEL – Paraná - Brasil

AGOSTO– 2005

MARCUS BOCHI DA SIVA VOLK

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO
EQUIPAMENTO DE AR REFRIGERADO NA CONSERVAÇÃO DE TRIGO
ARMAZENADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Professor Dr. Adriano Divino Lima Afonso

CASCADEL – Paraná - Brasil

AGOSTO- 2005

Dedico aos meus pais Sandra
Maria Bochi da Silva Volk e
Nelson Volk, aos meus
irmãos Leandro, Pietro, Julio
e Fernando e à minha esposa
Cristine Cipolatt de Oliveira.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, em especial pela guarda e saúde, por serem condições necessárias ao processo da humanidade;

Aos meus pais, Nelson Volk e Sandra Maria Bochi da Silva Volk, pela compreensão, amor e carinho, pelo esforço para que eu pudesse alcançar meus objetivos e mais, pela estrutura moral que me ofertaram ao longo de minha infância e juventude;

Aos meus irmãos, pelo incentivo, amizade, cumplicidade e os momentos de alegrias que passamos juntos;

Aos grandes amigos e companheiros Joseane Erbice dos Santos e Elisandro Pires Frigo pelo apoio, incentivo, amizade e cumplicidade ao longo dos últimos anos de convivência, a vocês o meu agradecimento;

Aos amigos Rodrigo e Márcia, Paulo e Onildes pelo apoio, incentivo, amizade, solidariedade e que de maneira indireta ajudaram na realização deste trabalho;

Aos amigos Ademar e Robinho pelo apoio, incentivo, amizade e pela maneira direta e indireta ajudaram na realização deste trabalho;

Aos amigos João Cleber, Edinei Magalhães, Adriana Smanhotto, Rafael Tieppo, pela amizade, cumplicidade, solidariedade e companheirismo ao longo deste curso;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Cascavel, pela grande oportunidade oferecida para a realização do curso de Mestrado;

A todos os funcionários da UNIOESTE, pelos serviços prestados e pela amizade adquirida ao longo destes anos;

À empresa Cool Seed, por ter fornecido o equipamento de resfriamento para a realização do experimento;

À CAPES, pelo auxílio financeiro via bolsa de pesquisa durante o curso;

A todos os professores que, ao longo deste curso, dedicaram-se a transmitir conhecimentos e pela amizade adquirida;

Ao Professor Dr. Adriano Divino Lima Afonso, pela orientação, apoio, amizade, ensinamentos e a dedicação na realização deste trabalho;

Aos demais colegas pelos momentos de alegrias compartilhadas no decorrer deste curso.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1.	A CULTURA DO TRIGO	4
2.2.	TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE GRÃOS.....	5
2.3.	DANOS CAUSADOS POR INSETOS	5
2.4.	TEMPERATURA EM GRÃOS ARMAZENADOS	6
2.5.	UMIDADE EM GRÃOS ARMAZENADOS.....	7
2.6.	IMPORTÂNCIA DO TRIGO NA INDÚSTRIA	8
2.7.	QUALIDADE DO TRIGO	9
2.8.	TERRA DE DIATOMÁCEA	10
3.	OBJETIVO	11
3.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4.	MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1.	SILOS EXPERIMENTAIS	12
4.2.	ETAPA DE RESFRIAMENTO.....	14
4.2.1	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR ATMOSFÉRICO.....	14
4.3.1	TEMPERATURA DOS GRÃOS DE TRIGO DURANTE O RESFRIAMENTO.	15
4.3.2	TEMPO DE RESFRIAMENTO.....	15
4.3.3	CONSUMO DE ENERGIA	15
4.3.	ETAPA DE CONSERVAÇÃO	16
4.4.1	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR ATMOSFÉRICO.....	16
4.4.2	TEMPERATURA DOS GRÃOS DE TRIGO DURANTE A CONSERVAÇÃO .	16
4.4.3	TEOR DE UMIDADE DO TRIGO	16
4.4.5	CONTAGEM DE INSETOS.....	17
4.4.	QUALIDADE DO TRIGO	17
4.5.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	18
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1.	ETAPA DE RESFRIAMENTO.....	19
5.1.1.	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR AMBIENTE	19

5.1.2	TEMPERATURA DA MASSA DE TRIGO	24
5.1.3	CONSUMO DE ENERGIA	31
5.2.	ETAPA DE CONSERVAÇÃO	32
5.2.1	TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR AMBIENTE	32
5.2.2	TEMPERATURA DA MASSA DE TRIGO	34
5.2.3	TEOR DE UMIDADE DO TRIGO	41
5.2.4	CONTAGEM DE INSETOS.....	47
5.3.	QUALIDADE DO TRIGO	53
6.	CONCLUSÕES.....	56
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama geral para conservação de cereais.	8
Figura 2 - Equipamento de refrigeração artificial do ar ambiente, utilizado para resfriamento da massa de grãos de trigo, Palotina-PR, 2003.	12
Figura 3 - Vista dos silos de concreto utilizados no experimento, Palotina-PR, 2003.....	13
Figura 4 - Esquema de conexão do equipamento para o resfriamento dos silos: (A) resfriamento do silo 1 e (B) resfriamento do silo 2 e silo 3, Palotina-PR, 2003.	14
Figura 5 - Variação da temperatura do ar ambiente (°C) durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo armazenados no silo 1, Palotina-PR, 2003.	20
Figura 6 - Variação da umidade relativa (%) do ar ambiente durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo armazenados no silo 1, Palotina-PR, 2003.	21
Figura 7 - Variação da temperatura do ar ambiente (°C) durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo armazenados no silo 2 e no silo 3, Palotina-PR, 2003.	22
Figura 8 - Gráfico da umidade relativa (%) durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo, Palotina-PR, 2003.	23
Figura 9 - Valores das temperaturas (°C) médias nas camadas durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo no silo 1, Palotina-PR, 2003.	25
Figura 10 - Valores das temperaturas (°C) médias nas camadas durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo no silo 2, Palotina-PR, 2003.	27
Figura 11 - Valores das temperaturas (°C) médias nas camadas durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo no silo 3, Palotina-PR, 2003.	30
Figura 12 - Consumo de energia durante o resfriamento do silo 1, silo 2 e silo 3, Palotina-PR, 2003.....	31
Figura 13 - Variação diária da temperatura (°C) média do ar ambiente durante a etapa de conservação do trigo armazenado no silo 1, Palotina-PR, 2003.....	33
Figura 14 - Variação diária da umidade relativa (%) média do ar ambiente durante a etapa de conservação do trigo armazenado no Silo 1, Silo 2 e Silo 3.	34
Figura 15 - Variação da temperatura (oC) nas diversas camadas do Silo 1 durante o período de conservação do trigo.....	35

Figura 16 - Variação da temperatura (oC) nas diversas camadas do silo 2 durante o período de conservação do trigo.....	37
Figura 17 - Variação da temperatura (oC) nas diversas camadas do Silo 3 durante o período de conservação do trigo.....	39
Figura 18 - Variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 1, nas camadas com (CTD) e sem (STD) terra de diatomácea, durante a etapa de conservação, Palotina-PR, 2003.....	42
Figura 19 - Variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 2, nas camadas com (CTD) e sem (STD) terra de diatomácea, durante a etapa de conservação, Palotina-PR, 2003.....	44
Figura 20 - Variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 3, nas camadas com (CTD) e sem (STD) terra de diatomácea, durante a etapa de conservação, Palotina-PR, 2003.....	45
Figura 21 - Número total de insetos capturados com armadilhas tipo calador, separados por espécies, em unidade armazenadora de trigo da COTRIGAÇU, no município de Palotina-PR, em função do período de conservação.	47
Figura 22 - Número total de insetos capturados com armadilhas tipo calador em silo com trigo e a variação da temperatura da Camada 17,1m em função do período de conservação, Palotina-PR, 2003.....	48
Figura 23 - Número total de insetos por espécie presentes no trigo do silo 2 em função do período de conservação (amostras retiradas imediatamente abaixo da camada com terra de diatomácea).	50
Figura 24 - Número total de insetos por espécie presentes no trigo do silo 2 em função do período de conservação (amostras retiradas da camada com terra de diatomácea).....	50
Figura 25 - Número total de insetos por espécie presentes no trigo do silo 3 em função do período de conservação (amostras retiradas da camada com terra de diatomácea).....	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise estatística do teor de umidade (% b.u.) do trigo armazenado no silo 1.....	43
Tabela 2 - Análise estatística do teor de umidade (% b.u.) do trigo armazenado no silo 2.....	44
Tabela 3 - Análise estatística do teor de umidade (% b.u.) do trigo armazenado no silo 3.....	46
Tabela 4 – Relação das espécies de insetos e número total de indivíduos capturados em cinco armadilhas tipo calador no silo 1.....	49
Tabela 5 – Relação das espécies de insetos e número total de indivíduos encontrados no silo 2.....	51
Tabela 6 – Relação das espécies de insetos e número total de indivíduos encontrados no silo 3.....	52
Tabela 7 - Índices médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 1 e resultado da análise de variância.....	53
Tabela 8 - Índices médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 2 e resultado da análise de variância.....	54
Tabela 9 - Índices médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 3 e resultado da análise de variância.....	55

RESUMO

Técnicas alternativas para conservar o produto e controlar as pragas contam com um conceito que começa a ficar cada vez viável. Trata-se do resfriamento dos grãos e para tal, é utilizada uma unidade frigorífica a fim de resfriar o ar ambiente antes de injetá-lo no sistema de aeração da estrutura que armazena o produto. Desta maneira, é possível reduzir a temperatura dos grãos a valores suficientemente baixos para inibir ou até impedir o desenvolvimento de insetos. E isto de forma independente das condições climáticas. Além da redução de custos de secagem, de reduzir perdas fisiológicas pela respiração do grão e manter alta qualidade, o resfriamento do grão oferece excelente proteção contra insetos. O controle químico de insetos torna-se desnecessário quando o grão está refrigerado e cuja temperatura está abaixo de 17 °C. O presente trabalho teve como objetivo o estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização do equipamento refrigerador de ar na conservação de grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) armazenado em silo. O experimento foi realizado em uma unidade armazenadora da Cooperativa Central Regional Iguazu – COTRIGUAÇU, localizada na cidade de Palotina-PR, no período de 28 de novembro a 24 de maio de 2004. Foram utilizados três silos experimentais, sendo um silo com capacidade estática de 5.000 toneladas (Silo 1) e outros dois silos com capacidades estáticas de 2.500 toneladas em cada um deles (Silo 2 e Silo 3). Dos resultados obtidos, podemos concluir que as camadas atingiram a temperatura final de resfriamento em seqüência, ou seja, após a primeira camada atingir a temperatura final de resfriamento, o mesmo processo se deu nas camadas subseqüentes. Esse fato demonstra a existência de uma frente de resfriamento ou zona de resfriamento que avança ao longo do tempo na massa de grãos em função do gradiente de temperatura entre a temperatura do produto e a temperatura do ar de resfriamento e da vazão de ar fornecido pelo equipamento. O tempo total de resfriamento para o Silo 1 foi de 303 horas. Como o resfriamento do Silo 2 ocorreu em simultaneidade com o Silo 3, o tempo total de resfriamento foi também de aproximadamente 249 horas. O consumo específico de energia foi de 5,12 kW.h/t de trigo para o silo 1 e de 4,48 kW.h/t de trigo para o conjunto formado pelos silos 2 e 3, enquanto o custo do resfriamento foi de aproximadamente R\$ 0,53 / t de trigo resfriado.

PALAVRAS-CHAVE: resfriamento, grãos, energia.

ABSTRACT

It has been recorded that alternative techniques used to keep the product on and control plagues count with a concept that is getting better day by day. It is a chilling process of grains. Therefore, a freezing unit was used in order to cool the environmental air before injecting it into the aeration system of the structure that stores the product. This is an strategy applied to reduce the grains' temperature to such low values that it can inhibit or even avoid the bugs' development, also despite the climatic conditions. Besides reducing the cost of drying, decreasing physiologic losses by the grain breathing and maintaining its high quality, the grain chilling offers excellent protection against bugs. Their chemical control becomes dispensable when the grain is chilled and when temperature is below 17°C. This trial aimed at studying the technical and economical viability concerning the use of chilling air equipment to preserve wheat grains (*Triticum aestivum L.*) stored in silos. This trial was carried out in a storing Plant from a cooperative named CONTRIGUAÇU, in Palotina-PR, from november, 28th to May, 24th , 2004. Three experimental silos were used. The first one with 5,000 tons static capacity, while the others capacity was of 2,500 tons each. The concluding results showed that the layers reached a final chilling temperature in sequence, which means that, when the first one got into this point the same happened to the next ones. This result points out the existence of a chilling zone that takes part of the inner part of the grains as time passes by due to the temperature gradient among the temperature of the product, the chilling air temperature and the flow of air supplied by the equipment. The total chilling time to the first SILO was of 303 hours. As the chilling from the two other silos happened at the same time, the total time was nearly of 249 hours. The specific consume of energy was of 5.12 kW.h/ton of wheat to the first SILO and of 4.48 kW.h/ton of wheat the the other ones. It was also recorded the chilling cost, which was of R\$ 0.53/ton of chilled wheat.

KEYWORDS: chilling, grains, energy.

1. INTRODUÇÃO

Um diagnóstico da situação do armazenamento no Brasil realizado pela CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento – recentemente concluído, mostra que a capacidade estática de armazenamento permanece estagnada há 10 anos, em 94,1 milhões de toneladas, enquanto a produção agrícola cresce em média 6 % ao ano desde 1990 e pode alcançar 135 milhões de toneladas na próxima safra (CONAB, 2004).

Grãos armazenados fazem parte de um ecossistema cujos elementos bióticos (insetos e fungos) e abióticos (temperatura e umidade) interagem com os grãos armazenados de acordo com (SINHÁ & MUIR¹, 1973, citados por Hara, Tetuo, 2002). A temperatura e a umidade dos grãos são elementos que se pode controlar e que, por sua vez, promovem o favorecimento ou não da ação dos elementos bióticos (Hara, Tetuo, 2002). A alteração de um ou mais fatores abióticos poderá contribuir para promover um melhor controle da ação dos elementos bióticos na massa de grãos armazenados. Os agentes abióticos, tais como temperatura da massa de grãos e teor de umidade do produto, constituem elementos determinantes na ocorrência de insetos, fungos e degradação da qualidade do produto durante a etapa de armazenamento.

O grão precisa ser armazenado de forma segura até ser consumido. A massa de grãos armazenada constitui um sistema ecológico produzido pelo homem no qual a deterioração do produto estocado resulta de interações entre os fatores físicos, químicos e biológicos. Os fatores importantes são: temperatura, umidade, CO₂, O₂, características dos grãos, microrganismos, insetos, roedores, pássaros e localização geográfica. O período de armazenamento dos grãos depende principalmente de dois fatores físicos: temperatura e teor de umidade. A sobrevivência e reprodução de agentes biológicos no grão são dependentes da grande faixa de temperatura e níveis de umidade (JAYAS e WHITE, 2003).

A aeração é um processo de resfriamento dos grãos com ar ambiente, todavia a refrigeração envolve a passagem do ar ambiente através do sistema refrigerador, que abaixa a temperatura do ar ambiente antes dele atravessar a massa de grãos. O propósito do resfriamento é prevenir a migração de umidade e a deterioração biológica. As vantagens da

¹ SINHA, R. N.; MUIR, W. E. **Grain storage**: part of a system. Westport: The AVI Publishing Co, 1973. 481 p.

refrigeração são: o ar de aeração, a temperatura adequada, é disponibilizado independentemente da estação ou do clima, e a umidade relativa do ar de aeração, a qual pode ser ajustada (BELL e ARMITAGE 1992).

Técnicas alternativas para conservar o produto e controlar as pragas contam, no entanto, com um conceito que começa a ficar cada vez mais viável. Trata-se do resfriamento dos grãos. Para tal, uma unidade frigorífica é utilizada a fim de resfriar o ar ambiente antes de injetá-lo no sistema de aeração da estrutura que armazena o produto. Desta maneira, é possível reduzir a temperatura dos grãos a valores suficientemente baixos para inibir ou até impedir o desenvolvimento de insetos. E isto de forma independente das condições climáticas, segundo (MAIER, 1994).

A diminuição da temperatura dos produtos com a utilização do refrigerador, cujo propósito é evitar a deterioração de um produto, é uma técnica comum e de uso doméstico diário. Esta técnica é intensamente usada em regiões de climas temperados, quando se utiliza a aeração com ar ambiente a baixas temperaturas, principalmente no inverno. Em regiões de clima tropical ou nas regiões de climas temperados, nos períodos em que a temperatura ambiente é mais elevada, a utilização da aeração com o ar refrigerado é uma técnica cuja função é diminuir a temperatura do ar ambiente.

O resfriamento do grão é uma tecnologia de tratamento não tradicional e não química de volumes de mercadorias estocadas para prevenir os danos e insetos de produtos estocados, sendo o principal e o mais vantajoso benefício da aeração com sistema de refrigeração, pois diminui a atividade de água no grão, retarda o desenvolvimento de insetos e reduz a taxa respiratória dos grãos e da microflora presente, independente das condições climáticas da região (MAIER, s/d).

Conforme HELLEMAR (1993), os insetos que atacam grãos armazenados não completam seu ciclo de vida de maneira rápida o suficiente para criar qualquer problema real, se o grão for resfriado a cerca de 17 °C ou abaixo. Para prevenir o aumento dos insetos, faz-se necessário reduzir a temperatura para níveis seguros imediatamente após o recebimento dos grãos. O mesmo autor relata ainda que o grão é um bom isolante térmico e uma vez que a baixa temperatura seja alcançada, esta será mantida por longos períodos.

Conforme CANEPPELE (2003), o manejo da temperatura da massa de grãos também é uma medida física de controle dos insetos, convencionalmente feito por aeração com ar frio natural. Contudo, em muitas regiões do Brasil, o ar atmosférico não é frio o

suficiente, nem mesmo à noite, para favorecer o resfriamento dos silos por aeração quando necessário. Segundo o mesmo autor, métodos alternativos, particularmente o uso de pós-inertes e o resfriamento artificial da massa de grãos têm sido aplicados com sucesso, geralmente combinados entre si e com a limpeza adequada da estrutura armazenadora.

Vale ressaltar que, mesmo sob boas condições de armazenamento, ocorrem perdas nos grãos armazenados, causadas por insetos, fungos, ácaros, roedores e pássaros (LAZZARI, 1997).

Diante do exposto, e devido ainda à escassez de estudos sobre os benefícios que o resfriamento de grãos trará ao setor de armazenagem de grãos, foi proposta esta pesquisa cujo objetivo é o estudo de viabilidade técnica da utilização do equipamento refrigerador de ar na conservação de grãos de trigo (*Triticum aestivum L.*), armazenado em silo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é, desde a pré-história, o mais importante dos cereais, sendo provavelmente, a mais antiga planta cultivada. Serviu de sustento a civilizações da Mesopotâmia e do Nilo segundo (MIRANDA, 1998).

O trigo é o cereal mais cultivado e de maior importância na alimentação humana de diversos continentes, pois é fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas, e minerais. É a matéria-prima fundamental na panificação, confeitarias e na indústria de massas.

O Brasil é um dos maiores importadores com 7,5 milhões toneladas de grãos de trigo, adquiridos da Argentina, Canadá, Paraguai, Estados Unidos e Uruguai (Conab, 2003).

No Brasil, o Paraná é o principal produtor de trigo e tem participado, em média, com mais de 50 % da produção nacional. Em 1999, participou com 63,7 % da mesma, porém, em 2000, em consequência das geadas, a participação caiu para 40,7 %, ou seja, está na segunda posição, após o Rio Grande do Sul. Os solos férteis, o clima propício e o padrão tecnológico dos tricultores paranaenses, cuja maioria é filiada a cooperativas, ou acompanhadas por outros órgãos de assistência técnica, possibilitaram que, via de regra, a produtividade estadual fosse superior à média nacional, apesar de somente na década de 80 terem surgido rendimentos superiores a 1000 kg.ha⁻¹. A expansão tecnológica foi de tal maneira significativa que, em menos de dez anos, a produção atingiu 2000 kg.ha⁻¹, pico que deverá ser superado nos próximos anos. Acredita-se que, a médio prazo, a média estadual poderá atingir o patamar dos 3000 kg.ha⁻¹. A maior concentração de área está nas regiões Norte e Oeste do Estado que dispõem de condições privilegiadas de solo e clima e possibilita elevados potenciais produtivos, sendo que, com o uso eficiente dos fatores de produção, as produtividades podem ser iguais às maiores do mundo (HUBNER, 2003, *on line*).

As perdas no campo, até o momento da colheita, podem alcançar 35 % do rendimento esperado e, assim distribuídos: 12 % por insetos, 12 % por patógenos, 10 % por plantas invasoras e 1 % por mamíferos e pássaros (PEDERSON, 1992).

2.2. TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE GRÃOS

Os grãos de trigo podem sofrer perdas na sua qualidade e quantidade devido ao clima, plantas invasoras, ataque de fungos, insetos ácaros, roedores, aves e erros humanos durante o manuseio e isto provoca contaminações, deste modo, possibilitam descontos e mesmo a rejeição da carga na comercialização.

O gerenciamento de grãos armazenados é uma técnica organizada de longo tempo para manter a qualidade pós-colheita do grão, ao minimizar a entrada de controle químico e preservar a integridade do sistema de estocagem do grão. Para implementar um programa efetivo de gerenciamento e práticas integradas de gerenciamento, os operadores devem entender a ecologia do sistema de estocagem. Este entendimento permite que técnicas possam ser integradas no sistema de armazenagem do grão para prevenir ou minimizar perdas. Estas técnicas de gerenciamento devem estar focadas em fatores que regulam a estocagem, tais como, temperatura do grão; umidade do grão; umidade relativa do ar de armazenagem; e tempo de armazenagem (NOYES et al. 1991).

Grão estocado é um sistema ecológico no qual a deterioração é um processo contínuo que resulta de interações entre as variáveis físicas, químicas e biológicas. Danos oriundos de insetos, fungos, aquecimento e germinação causam perdas na economia de agricultores, gerenciadores e processadores de grão a cada ano. Embora a qualidade de grãos colhidos não possa ser nunca melhorada com o tempo de estocagem, a taxa de deterioração pode ser vagarosa com o sistema de técnicas de gerenciamento integrado pós-colheita que combina princípios da engenharia, biológicos e econômicos. O saneamento, manejo e processo de equipamentos de colheita e as estruturas de estocagens são essenciais (MAIER, s/d).

2.3. DANOS CAUSADOS POR INSETOS

Os insetos, ao atacarem produtos armazenados, causam danos de naturezas quantitativa e qualitativa, as quais podem ser divididas em danos diretos e indiretos. Danos diretos são aqueles que resultam da alimentação direta dos grãos pelos insetos. Como danos diretos na perda de peso, perda de valor nutricional, redução do poder germinativo, contaminação do produto por ovos, larvas, adultos ou seus fragmentos (fezes, teias e

odores) e, finalmente perda do valor nutricional. Danos indiretos são aqueles resultantes da presença de insetos no produto e são consequência dos danos diretos. Como exemplo temos: proliferação de microrganismos, aquecimento (desenvolvimento de calor e pela respiração de insetos e fungos), migração de umidade e contaminação por micotoxinas (GRANOTEC do Brasil, 1998).

2.4. TEMPERATURA EM GRÃOS ARMAZENADOS

Segundo HELLEVANG (1999), a temperatura ideal para o desenvolvimento de fungos e insetos em grãos armazenados é cerca de 27 °C, sendo que, com temperaturas abaixo de 21 °C há uma redução na reprodução de insetos e, com temperaturas abaixo de 10 °C estes se tornam incapazes de se reproduzirem.

Para algumas das mais importantes pragas de grãos armazenados, a faixa ideal de temperatura para o seu desenvolvimento está na faixa de temperatura que vai de 17 a 21 °C quanto ao ciclo biológico, isto é, o tempo de desenvolvimento de ovo a adulto, leva próximo de cem dias. Temperaturas acima de 21 °C, ou em torno de 25 a 30 °C oferecem as condições ideais para diferentes espécies de insetos se desenvolverem. A atividade dos insetos, bem como a multiplicação destes são suspensas à temperatura em torno de 13 °C. O controle químico de insetos torna-se desnecessário quando o grão está refrigerado e cuja temperatura está abaixo de 17 °C, assim como também dispensa a transilagem conforme SANTOS (2002).

De acordo com FARONI (1997), há efeitos imediatos sobre a população de insetos, resultado da utilização de baixa temperatura durante o armazenamento: reduções da taxa de desenvolvimento, alimentação, fecundidade dos insetos e a diminuição de sobreviventes. No processo de resfriamento, o ar ambiente é resfriado e tem sua passagem forçada pelos grãos armazenados em silos. As vantagens da utilização da refrigeração é que o ar ambiente à temperatura desejada é disponibilizado independentemente da estação ou do clima, e a umidade relativa do ar pode ser ajustada.

O resfriamento pela insuflação forçada de ar frio representa uma tecnologia eficiente para reduzir a temperatura da massa de grãos a uma faixa segura de aproximadamente 15 °C que impede o desenvolvimento das populações de insetos,

suprimindo-as por um longo período e mantendo a qualidade físico-sanitária do produto, conforme CANEPPELE (2003).

O grão é um bom isolador térmico e uma vez que a baixa temperatura seja alcançada, esta será mantida por longos períodos segundo HELLEMAR (1993).

2.5. UMIDADE EM GRÃOS ARMAZENADOS

Segundo OWENS (2003), a operação de manejo de umidade é de fundamental importância para o bom sucesso em qualquer moinho ou outras usinas de processamento de grãos. O teor de umidade do cereal em processamento influencia nas características da matéria-prima, comportamento do processo, qualidade do produto e viabilidade econômica. Assim, o manejo da umidade no processo deve ser levado a sério e tratado de maneira científica.

Umidade em excesso em qualquer estágio do grão tem implicações sérias na qualidade. O teor de umidade quando acima de 15 % faz com que a umidade torne viável o desenvolvimento de fungos e micotoxinas nos grãos conforme OWENS (2003).

De acordo com WEBER (1995), os efeitos da umidade se revelam no aumento da intensidade da respiração, da atividade fúngica e, como conseqüência, no aumento da temperatura. A umidade e a intensidade crescente do processo respiratório podem levar os grãos à morte, o que acontece quando eles atingem 60 °C. Com a morte dos grãos e da maioria dos microrganismos e insetos, cessa o processo respiratório, porém continuam as reações químicas que se dão, igualmente com a liberação de umidade e calor, continuando o processo e que a massa pode chegar à temperatura de combustão.

Em média, os grãos com 15 % de umidade em silos de concreto e resfriado entre 9°C e 12 °C podem ser estocados por seis ou sete meses sob condições de verão antes que o resfriamento seja requerido (HELLEMAR, 1993).

Para facilitar estas determinações, e ao mesmo tempo, para que não se perca a qualidade do produto armazenado buscando sempre encontrar condições adequadas e econômicas de armazenagem, Burges e Burrel (citados por CHRISTENSEN², 1974) idealizaram o “Diagrama Geral para Conservação de Cereais”.

² CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grains and their products**. St. paul: AACC, 1974. p. 549.

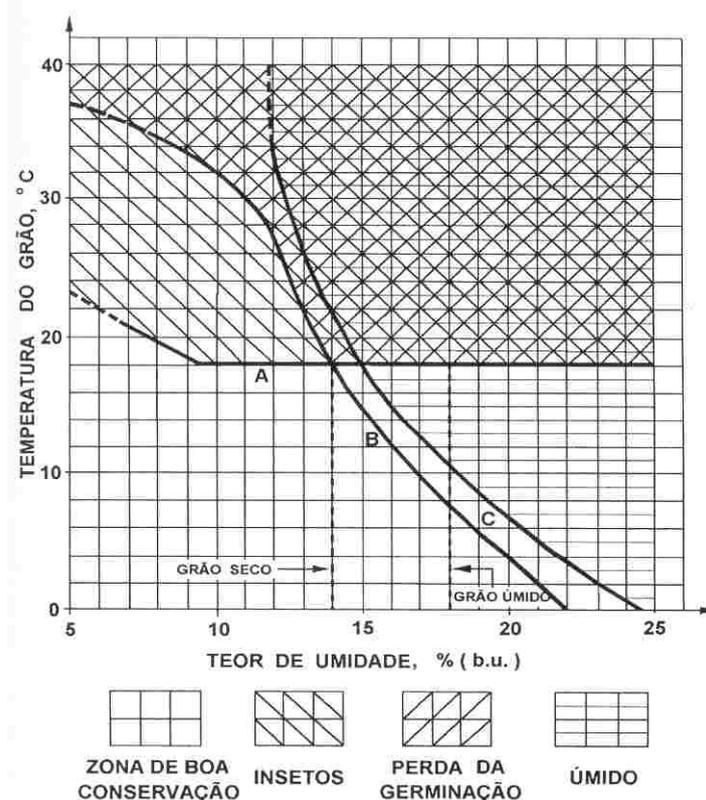


Figura 1 – Diagrama geral para conservação de cereais.

2.6. IMPORTÂNCIA DO TRIGO NA INDÚSTRIA

Os produtos alimentares, independentemente da sua origem, possuem qualidade limitada à qualidade da matéria-prima que lhes originou. Baseado nisto, para a obtenção de produtos finais com alta qualidade industrial e nutricional é de fundamental importância que a matéria-prima visada seja altamente qualificada. A qualidade da mesma está relacionada com sanidade, valor nutritivo, características organolépticas, estado de conservação, estado de conservação, uniformidade de apresentação e adequação ao processamento industrial que se destina (GUARIENTI, 1993).

O trigo é matéria-prima para uma ampla faixa de produtos. O mesmo, após o processo de moagem, transforma-se em produtos como farinhas, farelo e gérmen. A indústria de produtos finais utiliza-se destes subprodutos para a fabricação de pães, massas, biscoitos; o farelo utilizado como ingrediente nas fábricas de rações para animais, além do complemento vitamínico e fornecedor de fibras, é utilizado também na alimentação

humana e, por fim, até a indústria farmacêutica utiliza-se de gérmen para extrair óleo e novamente complexos vitamínicos (GUARIENTI, 1993).

A maioria dos trigos de importância industrial, especialmente os destinados ao consumo humano, pertencem à espécie *Triticum aestivum L.* e, grupo varietal *aestivum*. Esses trigos são aproveitados, pelas características da farinha que produzem, no preparo de pães, biscoitos, massas e em confeitaria (TECNOLOGIA DA PANIFICAÇÃO, 2003, *on line*).

De acordo com LEÃO (1972), o trigo é, fora de qualquer dúvida, um grão inigualável para a panificação, motivo do prestígio de que se desfruta entre os cereais destinados à alimentação humana. Suas qualidades advêm essencialmente da composição do grão.

2.7. QUALIDADE DO TRIGO

O conceito de qualidade, em relação ao trigo, está intimamente relacionado com o destino industrial da farinha produzida, a partir deste grão. Assim sendo, os parâmetros de qualidade variam de acordo com os diversos tipos de trigo cujas farinhas têm utilização industrial diferente como farinhas para panificação e outros produtos confeitarias e para produção de massas e pastas alimentícias. A qualidade de um determinado tipo de trigo não pode ser avaliada a partir de um único parâmetro ou propriedade e sim das características que assumem vários significados, dependendo da designação de uso ou tipo de produto (MANDARINO, 1993).

Para FELICIO et al. (2001), a qualidade de panificação do trigo depende da qualidade e da quantidade das proteínas no grão. Enquanto o primeiro parâmetro é geneticamente determinado, o último é altamente influenciado pelo ambiente.

Segundo DELIBERALI et. al (1999), outros fatores tecnológicos podem modificar a qualidade do trigo, especialmente as características do glúten. Dentre elas, destacam-se a secagem e o condicionamento após a colheita. Secagem deficiente ou secagem em temperaturas demasiadamente altas em secadores podem provocar a desnaturação das proteínas e, portanto, reduzir a qualidade do produto.

No Brasil, o controle de qualidade das farinhas, em relação às características tecnológicas é deficiente. A comercialização é feita sem a discriminação do tipo e também

sem finalidade específica. Por isso, há a necessidade de adequação das farinhas disponíveis, pela otimização dos processos de produção (GUTKOSKI & SILVEIRA, 1999).

2.8. TERRA DE DIATOMÁCEA

A terra de diatomácea é obtida a partir da moagem de sedimentos de carapaças de algas diatomáceas, constituídas de sílica amorfa hidratada (SiO_2) que fica adsorvida à cera epicuticular dos insetos e causam morte por desidratação (JACKSON & WEBLER, 1994).

JAYAS et al. (1995) classificam os pós-inertes em quatro tipos básicos: a) Naturais: areia, argila e terra; utilizados como inseticidas naturais em camadas ou no topo da massa de grãos, que podem ser misturados à massa de grãos na proporção de 10 kg/t ou mais; porém a eficácia do produto ainda é duvidosa; b) Silicatos Naturais: terra de diatomácea que é constituída de restos de esqueleto microscópico de algas diatomáceas. Os principais constituintes destes depósitos são sílica e pequenos quantidades de outros minerais como alumínio, óxido de ferro, magnésio, dentre outros. Estes pós são efetivos contra uma grande variedade e pragas de armazenamento, quando misturados aos grãos em doses de aproximadamente 1 kg/t; c) Compostos de Sílicas Artificiais: sílica gel e sílica aerogel são produzidas pela desidratação de uma solução aquosa de silicato de sódio. São pós muito leves, monohigroscópicos, efetivos em dosagens menores quando comparados à terra de diatomácea; d) Minerais Naturais: pós não silicatos como o fosfato de rocha tem sido utilizado desde o antigo Egito. Alguns produtores na Austrália utilizam hidróxido de cálcio para proteção de grãos destinados à alimentação animal.

Devido ao modo de ação dos pós-inertes, os quais não dependem de reações metabólicas (como inseticidas químicos), é postulado que os insetos expostos ao produto não desenvolvem uma seleção genética, porém existe o risco de ocorrer resistência fisiológica. Entretanto, é possível que os insetos desenvolvam uma resposta comportamental e evite o contato com o produto segundo EBELING (1971).

LORINI (1998) constatou a eficácia de terra de diatomácea em milho, trigo e cevada no controle de *R. dominica* e *S. oryzae* nas doses de 750 e 1000 g/t.

3. OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo geral o estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização do equipamento refrigerador de ar na conservação de grãos de trigo (*Triticum aestivum L.*) armazenados em silo.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Monitorar o processo de resfriamento de grãos de trigo com ar resfriado artificialmente;
- II. Monitorar a temperatura dos grãos de trigo durante o armazenamento;
- III. Analisar as qualidades físicas, químicas e biológicas durante o período de armazenamento dos grãos de trigo;
- IV. Monitorar a ocorrência, a identificação de insetos em dois tratamentos (com e sem terra de diatomácea) nos grãos de trigo resfriados durante o período de armazenamento e
- V. Analisar o custo do processo de resfriamento artificial dos grãos de trigo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma unidade armazenadora da Cooperativa Central Regional Iguaçu – COTRIGUAÇU, localizada na cidade de Palotina-PR, no período de 28 de novembro a 24 de maio de 2004. Foram utilizados silos verticais de concreto completamente cheios de grãos de trigo. Para o resfriamento da massa do trigo armazenado nos silos, foi utilizado o equipamento de refrigeração artificial do ar ambiente desenvolvido pela empresa COOLSEED (Figura 2), cuja sede está localizada na cidade de Foz do Iguaçu-PR.



Figura 2 - Equipamento de refrigeração artificial do ar ambiente, utilizado para resfriamento da massa de grãos de trigo, Palotina-PR, 2003.

4.1. SILOS EXPERIMENTAIS

Foram utilizados três silos experimentais, sendo um silo com capacidade estática de 5.000 toneladas (Silo 1) e outros dois silos com capacidades estáticas de 2.500 toneladas (Silo 2 e Silo 3). Os três silos tinham uma altura igual a 18 metros, sendo o diâmetro do silo 1 igual a 22 metros e o diâmetro do silo 2 e do silo 3 igual a 14,7 metros. Os silos eram dotados de ventiladores centrífugos que insuflam o ar para o interior dos silos através dos sistemas de aeração que eram compostos por dutos de chapas perfuradas distribuídos no piso. A Figura 3 mostra uma foto panorâmica referente aos silos de concreto utilizados no experimento.



Figura 3 - Vista dos silos de concreto utilizados no experimento, Palotina-PR, 2003.

O trabalho de pesquisa foi dividido em duas etapas: a de resfriamento do produto e a de conservação do produto resfriado. Na etapa de resfriamento, foram avaliadas as temperaturas internas da massa de grãos durante o processo de resfriamento, bem como o consumo de energia necessário para o completo resfriamento da massa de grãos. Na etapa de conservação, foram avaliadas as variações das temperaturas internas da massa de grãos ao longo do período de armazenamento e a infestação de insetos. Antes do resfriamento e após a etapa de conservação, o produto foi avaliado para verificar quantitativa e qualitativamente a farinha produzida pelo trigo armazenado nos silos.

Após a etapa de resfriamento, os sistemas de ventilação dos silos eram lacrados com finalidade de evitar a entrada de insetos pelo sistema de aeração e o trigo armazenado nos silos permaneceu sob efeito do resfriamento durante toda a etapa de conservação, sem que fosse realizado qualquer processo de aeração convencional.

O trigo utilizado no experimento não teve qualquer tipo de tratamento químico, como uso de inseticidas e fumigante para controle de pragas comumente encontradas em grãos armazenados. Para evitar a entrada de insetos na massa de grãos pela parte superior do silo, nas aberturas contidas entre o teto e a parede, foi aplicada e incorporada a terra diatomácea na superfície da massa de trigo em uma espessura média de 50 cm, na dosagem recomendada (1,0 kg/t de produto).

4.2. ETAPA DE RESFRIAMENTO

O equipamento refrigerador de ar foi acoplado ao sistema convencional de aeração dos silos através dos ventiladores. O ar proveniente do equipamento era insuflado nos silos a uma temperatura média de 10 °C. Os grãos de trigo foram resfriados até que atingissem temperatura média de 17 °C entre as camadas. O resfriamento do trigo armazenado no silo 1 foi realizado isoladamente (Figura 4A) e o resfriamento do trigo armazenado no silo 2 e no silo 3 foi realizado simultaneamente, ou seja, foi utilizada uma conexão metálica que possibilitou a divisão do fluxo de ar refrigerado proveniente do equipamento de refrigeração (Figura 4B).



A



B

Figura 4 - Esquema de conexão do equipamento para o resfriamento dos silos: (A) resfriamento do silo 1 e (B) resfriamento do silo 2 e silo 3, Palotina-PR, 2003.

4.2.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR ATMOSFÉRICO

Durante a etapa de resfriamento dos lotes de trigo armazenados nos silos, foram monitoradas as temperaturas e a umidade relativa do ar atmosférico em intervalos regulares de oito horas (8h, 16h e 24h). Para obtenção da temperatura e umidade relativa, foi utilizado um psicrômetro sem aspiração instalado em um abrigo meteorológico da empresa, localizado próximo aos silos experimentais.

4.3.1 TEMPERATURA DOS GRÃOS DE TRIGO DURANTE O RESFRIAMENTO

Durante a etapa de resfriamento, foram monitoradas as temperaturas internas da massa de grãos nas diferentes alturas: Camada 0,9m, Camada 2,7m, Camada 4,5m, Camada 6,3m, Camada 8,1m, Camada 9,9m, Camada 11,7m, Camada 13,5m, Camada 15,3m e Camada 17,1m. As temperaturas de cada camada foram obtidas pelos sensores dos cabos de termometria. Em cada silo experimental, havia cinco cabos de termometria: um cabo central e quatro cabos radiais. Portanto, para cada camada de grãos, havia cinco sensores de termometria, sendo calculada a média de temperatura para cada camada. As temperaturas foram monitoradas em intervalos regulares de oito horas (8h, 16h e 24h), utilizando o sistema informatizado de termometria da unidade armazenadora.

4.3.2 TEMPO DE RESFRIAMENTO

O tempo de resfriamento foi considerado do início do processo de resfriamento até o final, quando da obtenção da temperatura média de 17 °C entre as camadas, sendo desconsiderado o período de tempo que o equipamento permaneceu desligado devido a não utilização do mesmo no horário considerado de ponta (19h às 22h).

4.3.3 CONSUMO DE ENERGIA

Para a obtenção do consumo de energia, foi utilizado o medidor de consumo de energia previamente instalado no equipamento. O consumo de energia foi obtido pela diferença entre o registro inicial do medidor e o registro final, quando do encerramento do processo de resfriamento da massa de grãos ao considerar os respectivos tempos de resfriamento dos silos.

O custo de resfriamento foi calculado ao considerar o consumo de energia necessário para o resfriamento do produto.

4.3. ETAPA DE CONSERVAÇÃO

Após a etapa de resfriamento do trigo armazenado nos silos, iniciou-se a etapa de conservação com objetivo de monitorar, ao longo do período de armazenamento, as variações das temperaturas internas da massa de grãos e a infestação do produto.

4.4.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR ATMOSFÉRICO

Durante a etapa de conservação do trigo resfriado nos silos, foram obtidos junto ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) os valores diários de temperatura média e umidade relativa média da Estação Climatológica, localizada na região da cidade de Palotina-PR.

4.4.2 TEMPERATURA DOS GRÃOS DE TRIGO DURANTE A CONSERVAÇÃO

Durante a etapa de conservação, foram monitoradas as temperaturas internas da massa de grãos nas diferentes alturas: Camada 0,9m, Camada 2,7m, Camada 4,5m, Camada 6,3m, Camada 8,1m, Camada 9,9m, Camada 11,7m, Camada 13,5m, Camada 15,3m e Camada 17,1m. Para cada camada de grãos, havia cinco sensores de termometria, sendo calculada a média de temperatura para cada camada. As temperaturas foram monitoradas em intervalos regulares de dois dias, exceto quando coincidia com os feriados e finais de semana, as quais eram obtidas às 8 horas por intermédio de um sistema informatizado de termometria da unidade armazenadora.

4.4.3 TEOR DE UMIDADE DO TRIGO

Após o término do resfriamento, foram realizadas amostragens do produto nos silos em intervalos regulares de trinta dias para determinação do teor de umidade do trigo. As amostragens foram realizadas aleatoriamente por sondas de amostragens em duas profundidades: de 0 a 0,50 m e 0,50 m a 1,00 m. O objetivo de tal amostragem nas profundidades foi verificar possível influência da terra diatomácea no teor de umidade do

produto. O teor de umidade foi determinado pelo método de estufa, de acordo com a Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

4.4.5 CONTAGEM DE INSETOS

Para verificação da presença de insetos na massa de grãos, foram utilizados dois métodos: armadilha e câmara climática. O método com armadilha foi utilizado somente no Silo 1 e o método que utilizou a câmara climática foi aplicado para o Silo 2 e Silo 3.

O método da armadilha constou da colocação de cinco armadilhas do tipo calador, inseridas a 80 cm abaixo da superfície da massa de grãos, instaladas junto aos cabos de termometria do silo. As armadilhas foram retiradas em intervalos regulares de 30 dias para identificação e quantificação dos insetos presentes, sendo, posteriormente, inseridas novamente na massa de grãos.

Para o método da câmara climática, foram realizadas amostragens nos silos em intervalos regulares de 30 dias. As amostragens foram realizadas aleatoriamente por sondas de amostragens em duas profundidades: de 0 a 0,50 m e 0,50 m a 1,00 m. As amostras representativas de cada profundidade foram homogeneizadas e posteriormente divididas em quatro sub-amostras de 250 gramas. Essas sub-amostras foram colocadas em vidros, fechados com tela de organza e mantidos em câmara climática do tipo B.O.D. a 27 °C por 30 dias. Ao final desse período na câmara climática, as amostras foram peneiradas em peneira de furos circulares de 3 mm para separação dos insetos, os quais foram identificados e contados.

Na contagem do número de insetos, tanto no método da armadilha quanto no método da câmara climática, não foi feita distinção entre insetos vivos e mortos.

4.4. QUALIDADE DO TRIGO

Com objetivo de verificar a manutenção da qualidade intrínseca do produto armazenado sob efeito da baixa temperatura proporcionado pelo resfriamento artificial, foram realizadas amostragens do trigo durante a etapa de enchimento dos silos e durante a etapa de descarregamento dos silos, ou seja, antes do processo de resfriamento e após o período de conservação. As amostragens foram realizadas aleatoriamente,

aproximadamente a cada 500 toneladas de produto. Cada amostra foi conduzida ao Laboratório de Análises da COTRIGUAÇU para determinação das seguintes características que avaliam quantitativa e qualitativamente a farinha produzida pelo trigo: Índice de Queda (Falling Number), Glúten Úmido, Glúten Seco, Glúten Index, Tenacidade da Massa (P), Extensibilidade da Massa (L), Relação de Proporcionalidade entre a Tenacidade e a Extensibilidade (P/L) e Força da Massa ou do Glúten (W). As análises foram realizadas conforme as normas descritas pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC).

4.5. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Nesse experimento, foi utilizado o teste Tukey de médias, o software Minitab juntamente com uma análise estatística descritiva, devido à impossibilidade de utilizar mais de um equipamento de refrigeração e a distinção dos silos e produto armazenado, conseqüentemente, não se pode obter as mesmas condições ambientais e materiais necessárias, as quais consideram os silos isoladamente como unidades de repetição do experimento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização do experimento, foram utilizados três silos cilíndricos elevados, construídos em concreto armado: Silo 1 (5000 t), Silo 2 (2500 t) e Silo 3 (2500 t). O Silo 2 é idêntico ao Silo 3 e o Silo 1 é semelhante aos Silos 2 e 3, diferenciando apenas quanto ao diâmetro do silo. Foi utilizado o equipamento de resfriamento artificial para o resfriamento da massa de grãos de trigo armazenada nos silos. O resfriamento no Silo 1 foi realizado isoladamente e os resfriamentos dos Silos 2 e 3 foram simultâneos, ou seja, o fluxo de ar resfriado proveniente do equipamento foi dividido entre os dois silos.

Para melhor interpretação e análise dos resultados, o experimento foi dividido em duas etapas: resfriamento e conservação do trigo.

5.1. ETAPA DE RESFRIAMENTO

Na etapa de resfriamento foram avaliadas as variações das temperaturas internas da massa de grãos nos silos durante o processo de resfriamento, medidas em diferentes alturas, bem como o consumo de energia necessária para o completo resfriamento da massa de grãos.

5.1.1. TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR AMBIENTE

No decorrer do processo de resfriamento da massa de trigo armazenada nos silos, foram monitoradas a temperatura e a umidade relativa do ar ambiente. As leituras foram realizadas em intervalos regulares de oito horas (8h, 16h e 24h).

Silo 1

Na Figura 5, estão apresentados os resultados da variação da temperatura do ar ambiente durante a etapa de resfriamento do silo 1 com 5.000 t de trigo.

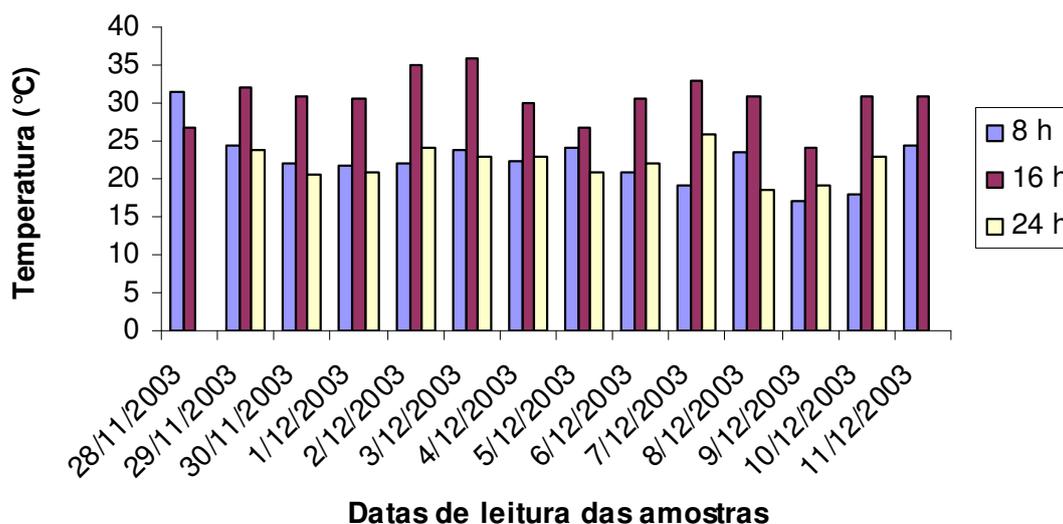


Figura 5 - Variação da temperatura do ar ambiente (°C) durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo armazenados no silo 1, Palotina-PR, 2003.

Pode-se observar na Figura 5 que, durante a etapa de resfriamento, a temperatura do ar ambiente apresentou variação térmica entre 17 °C e 36 °C, sendo o limite mínimo verificado ao final do período de resfriamento. Durante o período noturno, as temperaturas do ar ambiente apresentaram-se com valores inferiores ao do período diurno, no entanto, não foram adequadas para o manejo da aeração convencional. Pode-se notar também que, na maioria do tempo de resfriamento as temperaturas do ar ambiente foram superiores a 20°C, independente do horário diário de obtenção da temperatura, sendo, portanto inapropriadas para a prática da aeração convencional.

A variação da umidade relativa do ar ambiente durante a etapa de resfriamento do silo 1 está apresentada na Figura 6.

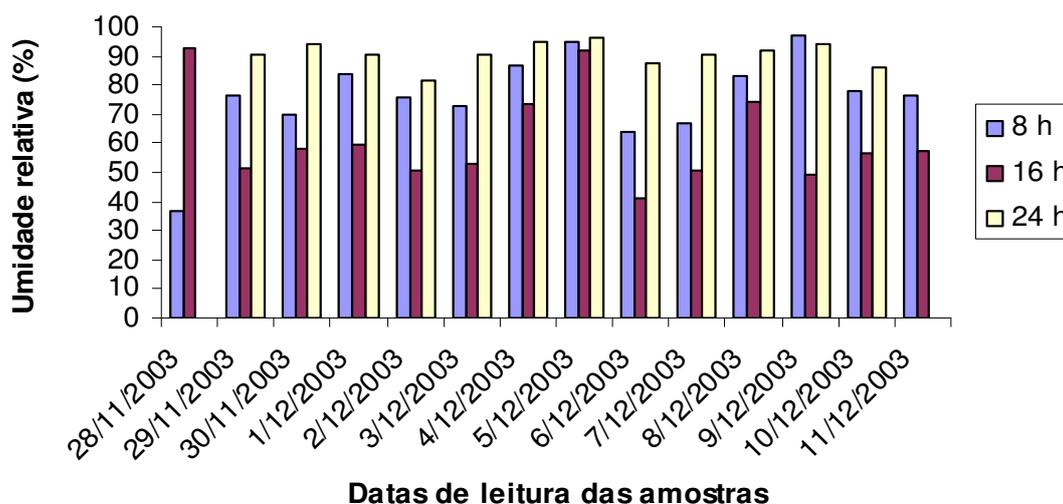


Figura 6 - Variação da umidade relativa (%) do ar ambiente durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo armazenados no silo 1, Palotina-PR, 2003.

De acordo com a Figura 6, observa-se que a umidade relativa do ar ambiente apresentou oscilações com grandes amplitudes entre os diversos dias do período de resfriamento do trigo armazenado no silo 1. O menor valor de umidade relativa ocorreu no início do resfriamento (dia 28/11 às 8 horas), cujo valor foi de 36,8 % e o maior valor foi verificado no dia 9/12 às 8 horas da manhã, cujo valor foi de 97,1 %. Estas variações nos valores da umidade relativa do ar, ao longo do período de resfriamento, poderiam, caso fosse utilizado o ar ambiente no processo de aeração, acarretar variações no teor de umidade do produto, visto que os produtos agrícolas são materiais higroscópios.

Silo 2 e Silo 3

Na Figura 7, estão apresentados os resultados da variação da temperatura do ar ambiente durante a etapa de resfriamento do silo 2 e do silo 3, ambos com capacidade estática de 2.500 t de trigo.

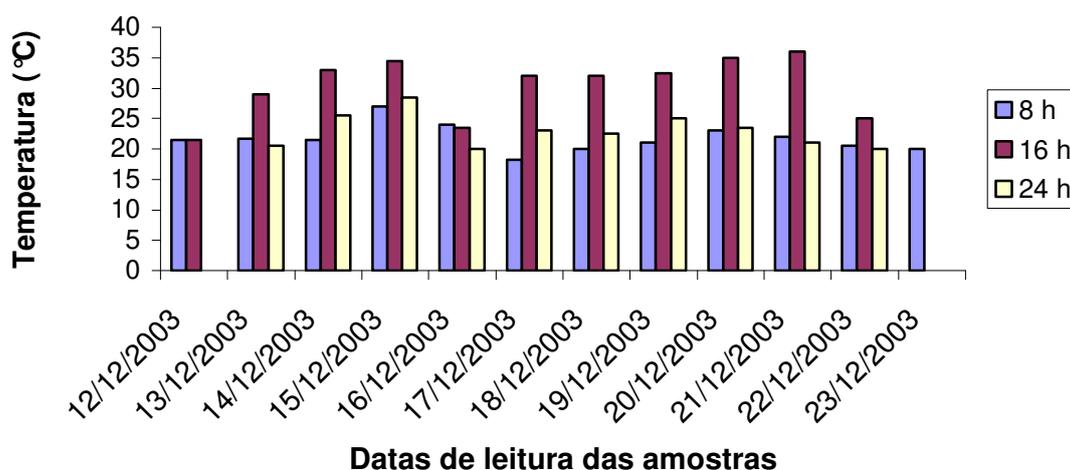


Figura 7 - Variação da temperatura do ar ambiente (°C) durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo armazenados no silo 2 e no silo 3, Palotina-PR, 2003.

Analisando a Figura 7, pode-se notar que durante a etapa de resfriamento, a temperatura ambiente apresentou variação térmica entre 18,2 °C e 36 °C. Semelhante ao verificado quando do resfriamento do silo 1, durante o resfriamento dos silos 2 e 3, a temperatura do ar ambiente foi, na maior parte deste período, superior a 20°C, portanto, não apresentou potencial para o resfriamento convencional do produto nem um nível seguro (abaixo de 20 °C).

Dessa forma, conclui-se que, para a época e o local onde foi realizado o experimento, a temperatura do ar ambiente não apresentou valores adequados para a prática da aeração convencional, sendo necessária a diminuição da temperatura do ar de forma artificial.

A variação da umidade relativa do ar ambiente durante a etapa de resfriamento dos silos 2 e 3 está apresentada na Figura 8.

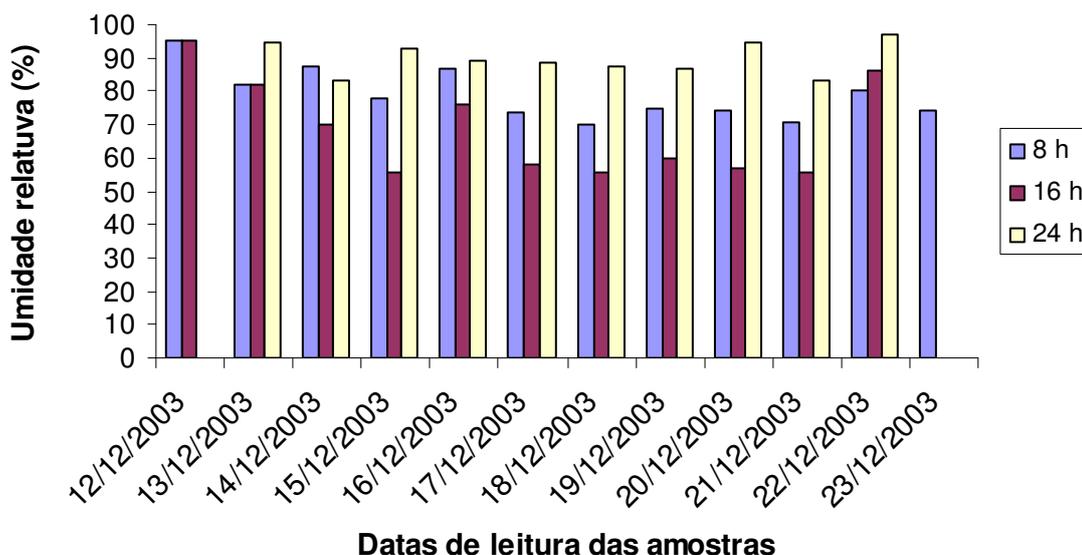


Figura 8 - Gráfico da umidade relativa (%) durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo, Palotina-PR, 2003.

De acordo com a Figura 8, pode-se verificar que a umidade relativa do ar ambiente variou diariamente e ao longo da etapa de resfriamento, sendo que o menor valor ocorreu no dia 15/12 às 16 horas (55.5 %) e o maior valor foi verificado no dia 22/12 às 24 horas (97,2 %).

Ao serem Comparadas as variações de temperaturas (Figuras 5 e 7) com as variações de umidade relativa (Figuras 6 e 8), observou-se a existência de correlação entre temperatura do ar e umidade relativa do ar, ou seja, quando a temperatura do ar ambiente apresenta-se com valores mais elevados, a umidade relativa do ar apresenta-se com valores mais baixos, contudo, o contrário também foi observado. Esse fato é importante no processo de aeração convencional, visto que a combinação de alta temperatura com baixa umidade relativa do ar propicia condições para a secagem do produto e, conseqüentemente, perda quanto ao peso, caso a secagem seja realizada aquém da necessária. Além disso, verifica-se nas Figuras 5 e 7 que, as temperaturas do ar ambiente durante os períodos de resfriamento, com poucas exceções, foram superiores a 20 °C, e não adequadas ao manejo da aeração convencional.

5.1.2 TEMPERATURA DA MASSA DE TRIGO

Foram monitoradas as temperaturas internas da massa de grãos utilizando-se os cabos de termometria distribuídos no silo nas diversas alturas, com um cabo central e quatro cabos laterais. As leituras das temperaturas no interior do silo foram realizadas em intervalos regulares de oito horas (8h, 16h e 24h). Antes de iniciar o processo de resfriamento foi realizada a leitura das diversas camadas da massa de grãos para verificar os níveis de temperatura em que se encontrava o produto.

Silo 1

Observa-se na Figura 9 que a temperatura inicial da massa de grãos variava entre 25 °C e 30 °C nas diferentes alturas, visto que a temperatura média era de aproximadamente 27,9 °C. O processo encerrou-se quando a temperatura da massa de grãos apresentou-se com valor médio final de 16,5 °C, inferior à temperatura recomendada para um armazenamento seguro do trigo (20 °C). O tempo total de resfriamento foi de cerca de 303 horas (12,6 dias), mas foi desconsiderado o período de tempo que o equipamento permaneceu desligado devido a não utilização do mesmo no horário considerado de ponta (19:00 horas às 22:00 horas). Considerando o período de tempo necessário para o completo resfriamento da massa de grãos (303 horas), a altura total da massa de grãos no interior do silo (18 m) e a capacidade do silo (5000 t), conclui-se que a velocidade de deslocamento da frente de resfriamento foi de aproximadamente 0,06 m/h, resfriando cerca de 16,5 t/h.

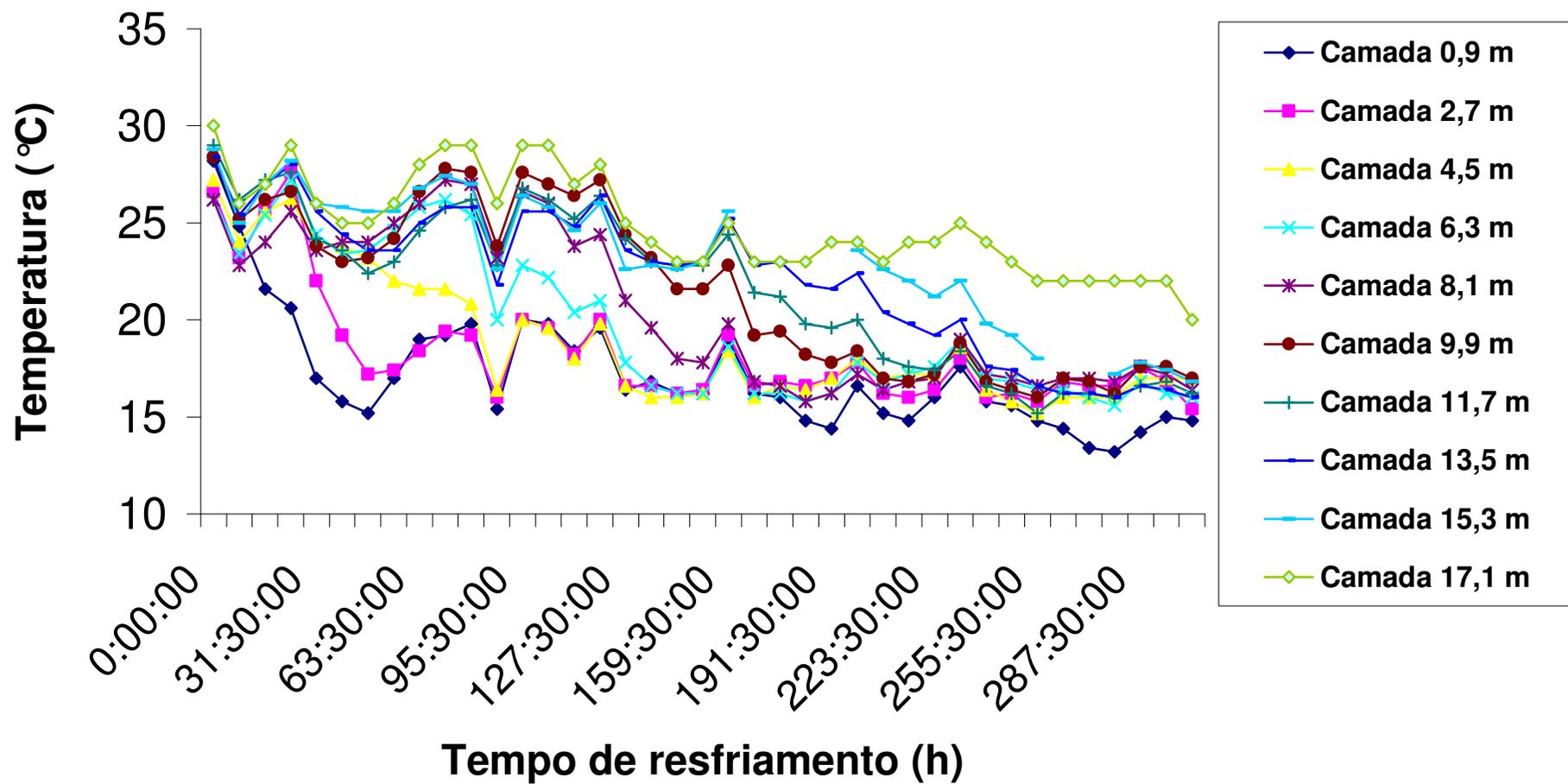


Figura 9 - Valores das temperaturas (°C) médias nas camadas durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo no silo 1, Palotina-PR, 2003.

Silo 2

Observa-se na Figura 10 que a temperatura inicial da massa de grãos variava entre 22 °C a 29 °C nas diferentes alturas, e a temperatura média era de aproximadamente 27 °C. As Camadas 4,5m, 8,1m e 15,3m não apresentam valores porque os sensores dos cabos de termometria estavam com defeitos, conseqüentemente não realizaram as leituras de temperatura. O processo encerrou-se quando a temperatura da massa de grãos apresentou-se com valor médio final de 17,2 °C. O tempo total de resfriamento foi de cerca de 249 horas (10,4 dias), ao desconsiderar o período de tempo em que o equipamento permaneceu desligado devido a não utilização do mesmo no horário considerado de ponta (19:00 horas às 22:00 horas).

Ao considerar o período de tempo necessário para o completo resfriamento da massa de grãos (249 horas), a altura total da massa de grãos no interior do silo (18 m) e a capacidade do silo (2500 t), pode-se concluir que a velocidade de deslocamento da frente de resfriamento foi de aproximadamente 0,07 m/h, resfriando cerca de 10,0 t/h.

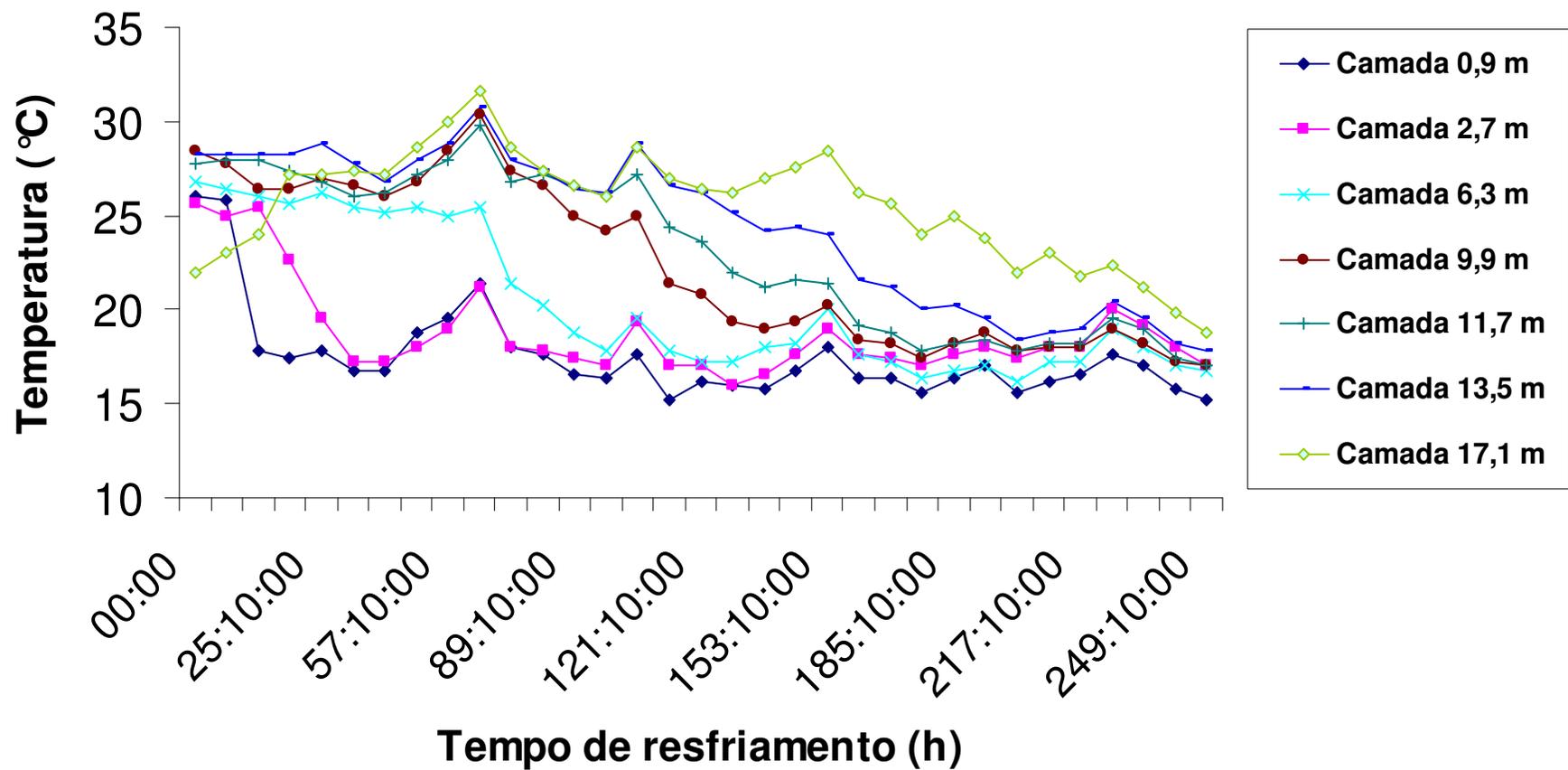


Figura 10 - Valores das temperaturas (°C) médias nas camadas durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo no silo 2, Palotina-PR, 2003.

Silo 3

De acordo com a Figura 11, pode-se observar que a temperatura inicial da massa de grãos variava entre 23 °C e 27 °C nas diferentes alturas, sendo que a temperatura média era de aproximadamente 24,2 °C. As Camadas 4,5m, 6,3m e 15,3m não apresentam valores porque os sensores dos cabos de termometria estavam com defeitos. O processo encerrou-se quando a temperatura da massa de grãos apresentou valor médio final de 18 °C. A Camada 17,1m ou a camada superior da massa de grãos apresentou variação acentuada de temperatura devido ao fato dos sensores de termometria estarem localizados acima da superfície da massa de grãos, conseqüentemente, tinham influência da temperatura do ar ambiente (externa). Como o resfriamento do Silo 3 foi realizado simultaneamente com o Silo 2, o tempo total de resfriamento foi também de aproximadamente 249 horas (10,4 dias).

Analisando as Figuras 9, 10 e 11, pode-se verificar que a Camada 0,9m, a qual se localiza próxima ao duto de aeração do silo, é a primeira a ser resfriada, mantendo-se com pequena variação durante o restante do processo de resfriamento das outras camadas. A camada superficial ou superior da massa de grãos (Camada 17,1m) é a última a atingir a temperatura final de resfriamento. De modo geral, pode-se notar que as camadas atingiram a temperatura final de resfriamento em seqüência, ou seja, após a primeira camada atingir a temperatura final de resfriamento, a próxima camada a atingir a temperatura é a segunda, seguida da terceira e assim sucessivamente. Este fato demonstra a existência de uma frente de resfriamento ou zona de resfriamento que avança ao longo do tempo na massa de grãos em função do gradiente de temperatura entre a temperatura do produto e a temperatura do ar de resfriamento e da vazão de ar fornecido pelo equipamento (LASSERAN, 1981). Podemos ainda verificar nas Figuras 9, 10 e 11 que, ao final do processo de resfriamento, as temperaturas das diversas camadas são praticamente uniformes. Isto demonstra que o equipamento propicia uma uniformidade de temperatura da massa de grãos e evita, desta forma, o processo de migração de umidade que acarreta a deterioração da massa de grãos.

Assim, pode-se concluir que, ao final do processo de resfriamento artificial utilizando o equipamento, a temperatura final nas diversas camadas da massa de grãos apresenta-se com pequenas variações e propicia assim uma armazenagem segura ao produto e conseqüentemente evita a deterioração do mesmo.

A comparação entre a utilização do resfriamento artificial e a prática da aeração convencional, pode-se verificar que a aeração necessita da disponibilidade de temperatura baixa e isto ocorre normalmente no período noturno e mesmo assim em poucas horas. Portanto, seriam necessários diversos dias de temperaturas baixas para o total resfriamento da massa de grãos, o qual pode favorecer aos processos de deterioração da massa de grãos, tais como migração de umidade e não-uniformidade de temperatura. Desta forma, conclui-se que o equipamento de resfriamento artificial proporciona a manutenção da temperatura e da umidade relativa do ar ambiente durante todo o processo de resfriamento, a ser utilizado independentemente das condições climáticas da região. Pode-se concluir que o equipamento de refrigeração artificial promove o resfriamento uniforme de toda a massa de grãos.

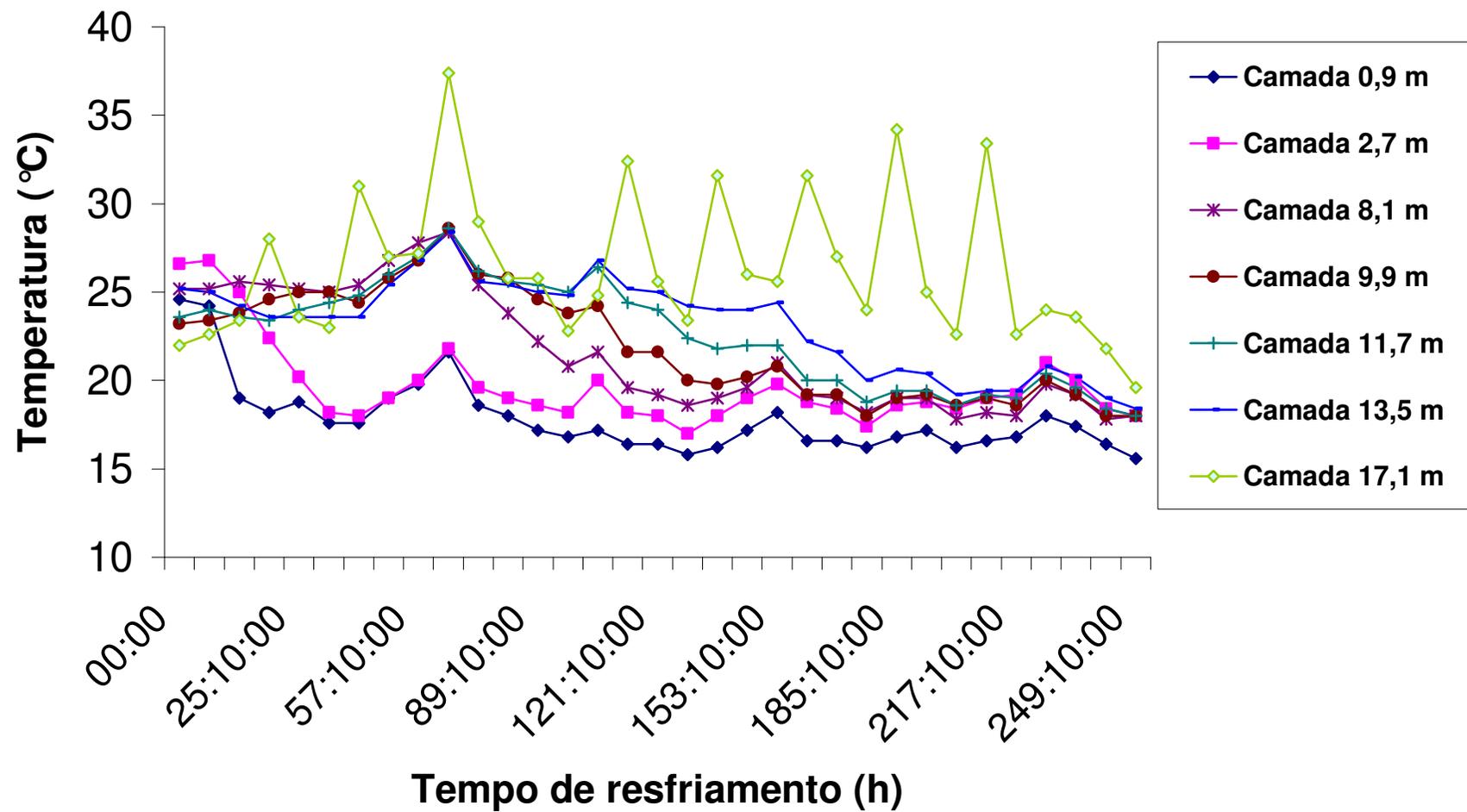


Figura 11 - Valores das temperaturas (°C) médias nas camadas durante a etapa de resfriamento dos grãos de trigo no silo 3, Palotina-PR, 2003.

5.1.3 CONSUMO DE ENERGIA

Na Figura 12, mostra-se o consumo de energia obtida no equipamento de refrigeração durante a etapa de resfriamento.



Figura 12 - Consumo de energia durante o resfriamento do silo 1, silo 2 e silo 3, Palotina-PR, 2003.

De acordo com a Figura 12, observa-se que o consumo de energia do silo 1 (25.578 kW.h) foi superior ao consumo de energia para o resfriamento dos silos 2 e 3 (22.407 kW.h), apesar das quantidades de produto resfriados serem equivalentes. O menor consumo de energia durante o resfriamento do conjunto silo 2 e silo 3 pode ser explicado pelas menores temperaturas finais obtidas em ambos os silos, respectivamente 17,2 °C e 18°C, quando comparado com a temperatura final obtida para o silo 1 (16,5 °C).

O consumo específico de energia foi de 5,12 kW.h/t de trigo para o silo 1 e de 4,48 kW.h/t de trigo para o conjunto formado pelos silos 2 e 3, representando um consumo específico médio de energia de 4,8 kW.h/t de trigo. Ao considerar o valor médio da energia elétrica pago pela empresa à época do resfriamento (R\$ 0,11 / kW.h), o custo do resfriamento foi de aproximadamente R\$ 0,53 / t de trigo resfriado.

De acordo com dados fornecidos pela empresa COTRIGUAÇU, em média, o sistema de aeração convencional funciona 45 horas/mês para o silo 1, cujo motor que aciona o ventilador possui uma potência instalada de 40 cv e, 55 horas/mês para os silos 2 e 3, cujos motores dos ventiladores são de 25 cv. Dessa forma, o consumo de energia pode ser estimado em 1.323 kW.h/mês para o silo 1 e de 1.011 kW.h/mês para os silos 2 e 3. O

produto resfriado permaneceu cerca de cinco meses armazenado sem a utilização da aeração convencional, com isto, pode-se estimar o custo da aeração convencional, caso fosse utilizada, em R\$ 0,15/t de trigo para o silo 1 e em R\$ 0,11/t de trigo para o silo 2 e silo 3, perfazendo um custo total de aproximadamente R\$ 0,37/t de trigo durante os cinco meses de armazenamento.

De modo geral, conclui-se que o custo do resfriamento artificial, cujo parâmetro foi somente o custo com energia elétrica, totalizou R\$ 0,53 por tonelada de trigo resfriado. Comparativamente ao método de aeração convencional, o custo de conservação do trigo foi superior, no entanto o trabalho não considerou os custos diretos e indiretos advindos com a manutenção da qualidade do produto.

5.2. ETAPA DE CONSERVAÇÃO

A etapa de conservação compreendeu do final da etapa de resfriamento até a retirada do produto para industrialização. Na etapa de conservação, foram avaliadas as variações das temperaturas internas da massa de grãos nos silos após o resfriamento, medidas em diferentes alturas, bem como a infestação de pragas comumente encontradas em trigo armazenado.

5.2.1 TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR AMBIENTE

Os dados diários de temperatura média e umidade relativa média foram fornecidos pela Estação Climatológica do IAPAR, localizada na região de Palotina-PR.

Na Figura 13, é apresentada a variação diária da temperatura média do ar ambiente na região de Palotina durante o período de conservação do trigo armazenado nos silos 1, 2 e 3.

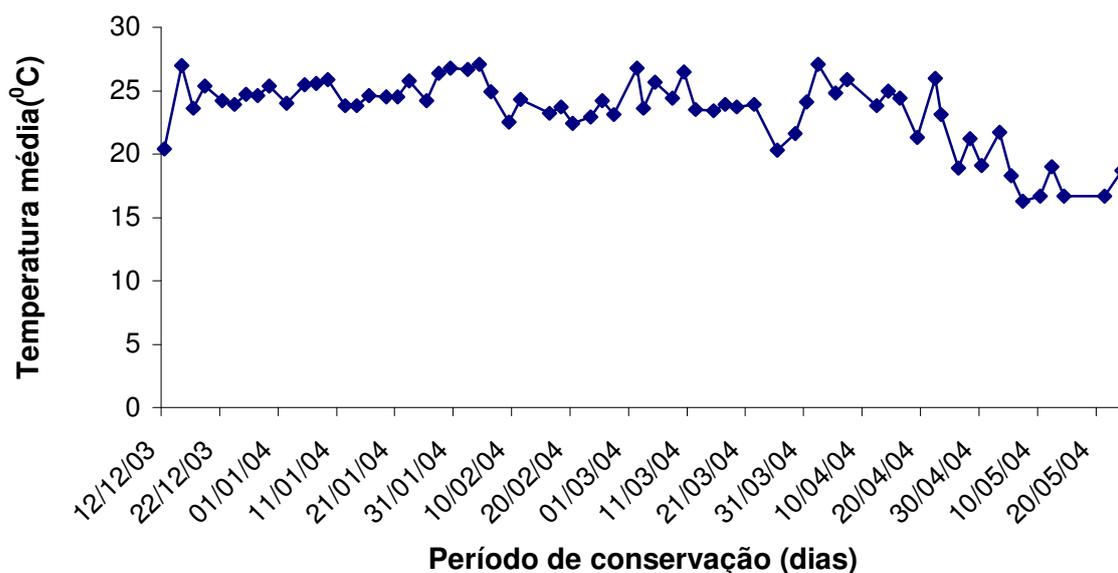


Figura 13 - Variação diária da temperatura (°C) média do ar ambiente durante a etapa de conservação do trigo armazenado no silo 1, Palotina-PR, 2003.

A observação dos valores mostrados na Figura 13 permite-nos avaliar que a temperatura média do ar ambiente manteve-se acima de 20 °C até o final do mês de abril, com uma tendência de queda no mês subsequente, ou seja, mês de maio. A cidade de Palotina encontra-se na região oeste do Estado do Paraná, cujo estado está localizado na região Sul do Brasil. Portanto, é de se esperar que a temperatura média apresente a tendência de queda nos meses que antecedem o período de inverno. A temperatura média da região oscilou ao longo do período de conservação entre 19 °C e 29 °C. Observou-se que, caso fosse necessário o resfriamento convencional do produto durante o período de conservação não seria possível a diminuição da temperatura do produto em um nível seguro, sem auxílio do equipamento de refrigeração artificial do ar de aeração.

Na Figura 14, a variação diária da umidade relativa média do ar ambiente é vista durante o período de conservação do trigo armazenado nos silos 1, 2 e 3. De acordo a com Figura 14, a umidade relativa média diária durante o período de conservação variou, na maior parte do período, entre 60 % e 90 %, bem como apresentou uma tendência de aumento a partir do final do mês de abril, quando as temperaturas médias diárias na região começam a diminuir. Uma comparação entre a Figura 9 e a Figura 10 permite-nos notar novamente a interdependência da temperatura com a umidade relativa do ar ambiente.

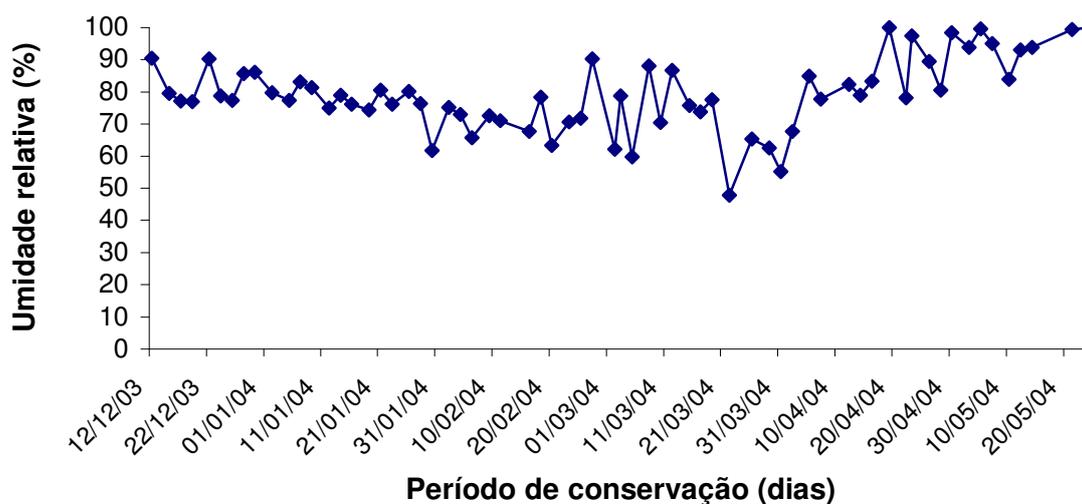


Figura 14 - Variação diária da umidade relativa (%) média do ar ambiente durante a etapa de conservação do trigo armazenado no Silo 1, Silo 2 e Silo 3.

5.2.2 TEMPERATURA DA MASSA DE TRIGO

Após o término da etapa de resfriamento, foram monitoradas as temperaturas internas da massa de trigo armazenado nos silos 1, 2 e 3 por intermédio de cabos de termometria distribuídos nos silos nas diversas alturas. As leituras das temperaturas no interior do silo foram realizadas a cada dois dias, exceto nos feriados e finais de semana.

Silo 1

Na Figura 15 encontra-se a variação das temperaturas (°C) médias da massa de trigo obtidas nas diferentes alturas no Silo 1, durante a etapa de conservação do trigo. O período considerado de conservação do Silo 1 ocorreu de 12/12/2003 a 24/05/2004. Assim, o trigo ficou armazenado cerca de 5,4 meses, parte dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e parte do mês de maio, totalizando aproximadamente 163 dias no silo 1.

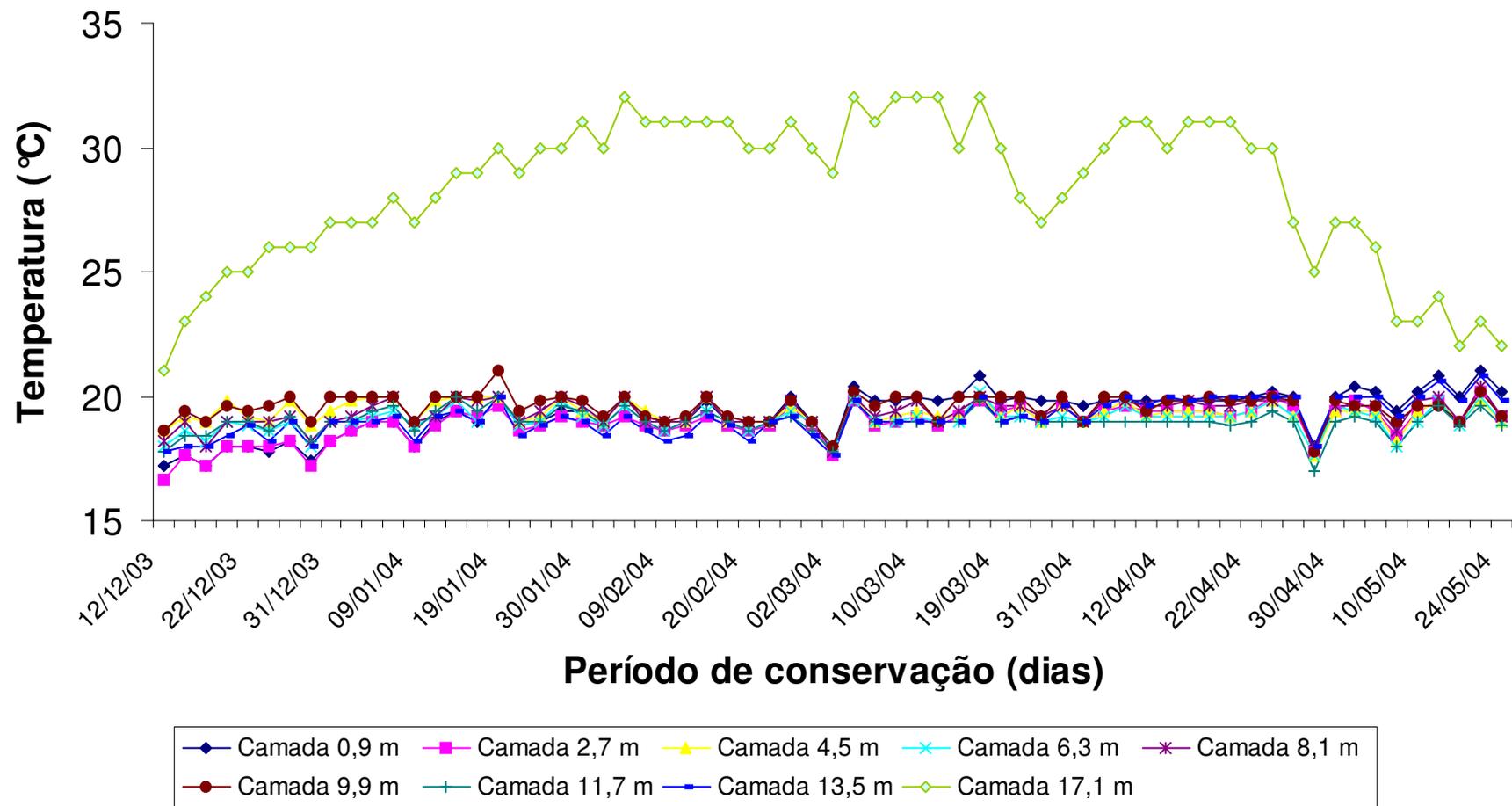


Figura 15 - Variação da temperatura (°C) nas diversas camadas do Silo 1 durante o período de conservação do trigo.

Nota-se na Figura 15 que, durante toda a etapa de conservação do silo 1, ocorreu uma pequena variação de temperatura nas diversas Camadas, com exceção da Camada 17,1m, cuja oscilação ocorreu em função da temperatura do ar ambiente, haja vista os sensores de termometria desta camada estarem localizados acima da superfície da massa de grãos, ou seja, apresentavam a influência da condição climática externa. A Camada 15,3m não apresentou registro de temperatura devido a um defeito nos sensores dos cabos de termometria. Observa-se ainda que, após 163 dias de conservação a temperatura média do produto armazenado no silo foi de aproximadamente 19,6 °C, temperatura considerada ainda segura para a conservação do produto. Ao serem consideradas a temperatura média final ao término do resfriamento (16,5°C) e a temperatura média ao final da etapa de conservação, pode-se verificar que ocorreu um acréscimo de temperatura de 3,1 °C em cerca de 5,4 meses ou um aumento na temperatura média do silo de 0,6 °C/mês de armazenamento.

Silo 2

Na Figura 16, mostra-se a variação das temperaturas (°C) médias da massa de trigo obtidas nas diferentes alturas no silo 2, durante a etapa de conservação do trigo. O período considerado de conservação do silo 2 ocorreu de 24/12/2003 a 24/05/2004. Portanto, o trigo ficou armazenado cerca de 5,0 meses, final dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e parte do mês de maio, totalizando aproximadamente 151 dias no silo 2.

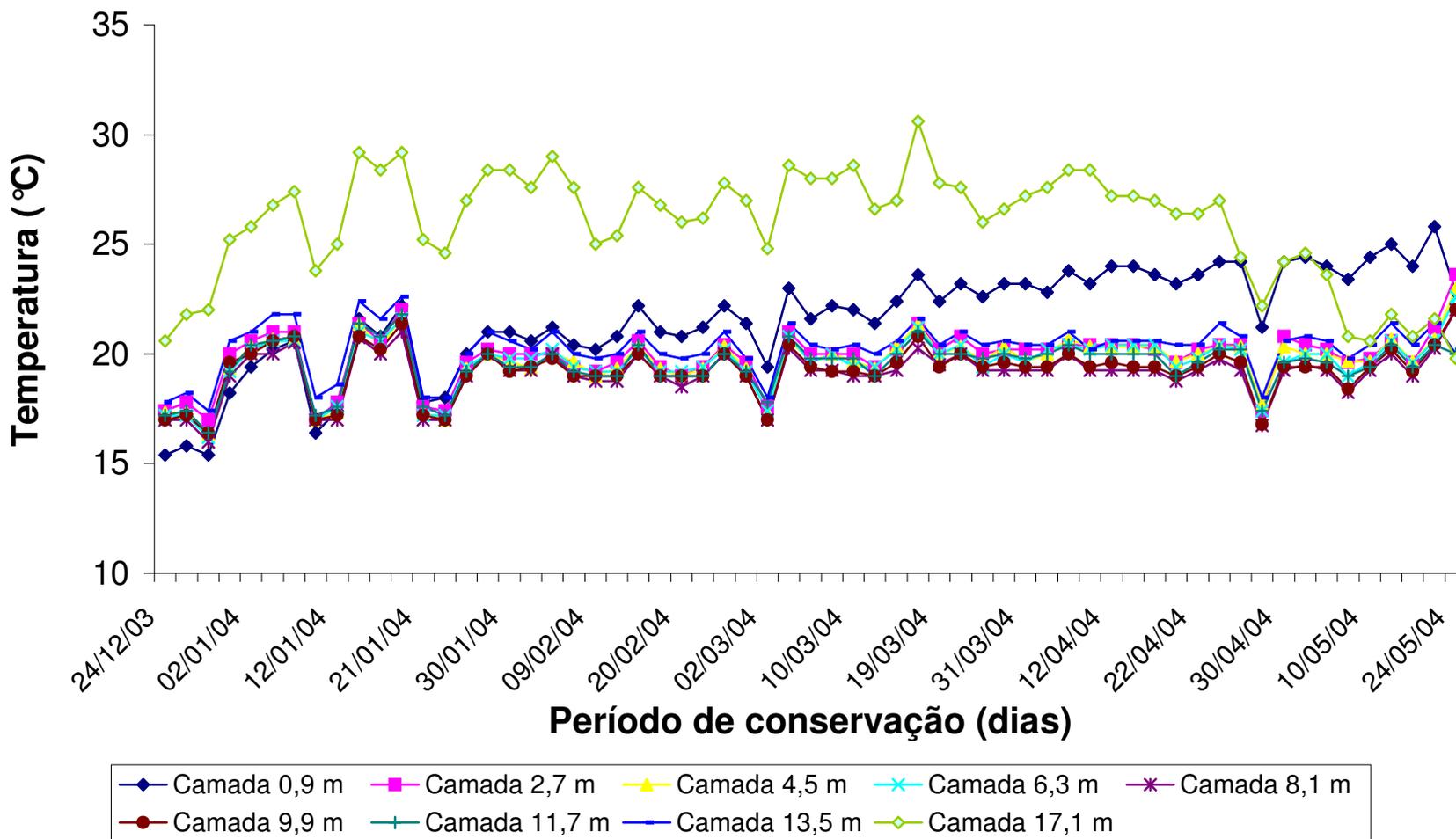


Figura 16 - Variação da temperatura (°C) nas diversas camadas do silo 2 durante o período de conservação do trigo.

Observa-se na Figura 16 que durante toda a etapa de conservação do silo 2 ocorreu uma pequena variação de temperatura nas diversas Camadas, com exceção das Camadas 0,9m e 17,1m. A Camada 0,9m, localizada próxima ao duto de aeração, apresentou um crescente aumento de temperatura a partir do início do mês de março até o final do período experimental, porém a temperatura foi inferior à temperatura da camada antes do resfriamento. Não foi verificada qualquer anormalidade no produto da Camada 0,9m quando do descarregamento do silo, sendo desconhecido o fato que gerou o aumento de temperatura. A temperatura da Camada 17,1m oscilou em função da temperatura do ar ambiente devido ao fato dos sensores de termometria desta camada estarem localizados acima da superfície da massa de grãos. A Camada 15,3m não apresentou registro de temperatura devido a um defeito nos sensores dos cabos de termometria. Nota-se ainda que, após 151 dias de conservação, a temperatura média do produto armazenado no silo 2 foi de aproximadamente 21,8 °C, temperatura média superior a encontrada no silo 1. Explica-se o fato devido ao trigo armazenado no silo 2 apresentar, ao final da etapa de resfriamento, temperatura média (17,2 °C) superior à do silo 1 (16,5°C), além do silo 2 ter diâmetro menor que o silo 1. Isto favorece a troca de calor entre o produto e o meio externo, bem como a elevação da temperatura da Camada 0,9m contribui para o aumento da temperatura média final do trigo armazenado no silo 2. Tendo-se como parâmetro a temperatura média final ao término do resfriamento (17,2°C) e a temperatura média ao final da etapa de conservação, pode-se verificar que ocorreu um acréscimo de temperatura de 4,6 °C em cerca de 5,0 meses, ou um aumento na temperatura média da massa de trigo de 0,9 °C/mês de armazenamento.

Silo 3

Na Figura 17, pode-se observar a variação das temperaturas (°C) médias da massa de trigo obtidas nas diferentes alturas no silo 3, durante a etapa de conservação do trigo. O período considerado de conservação do silo 3 foi o mesmo do silo 2, ou seja, ocorreu de 24/12/2003 a 24/05/2004.

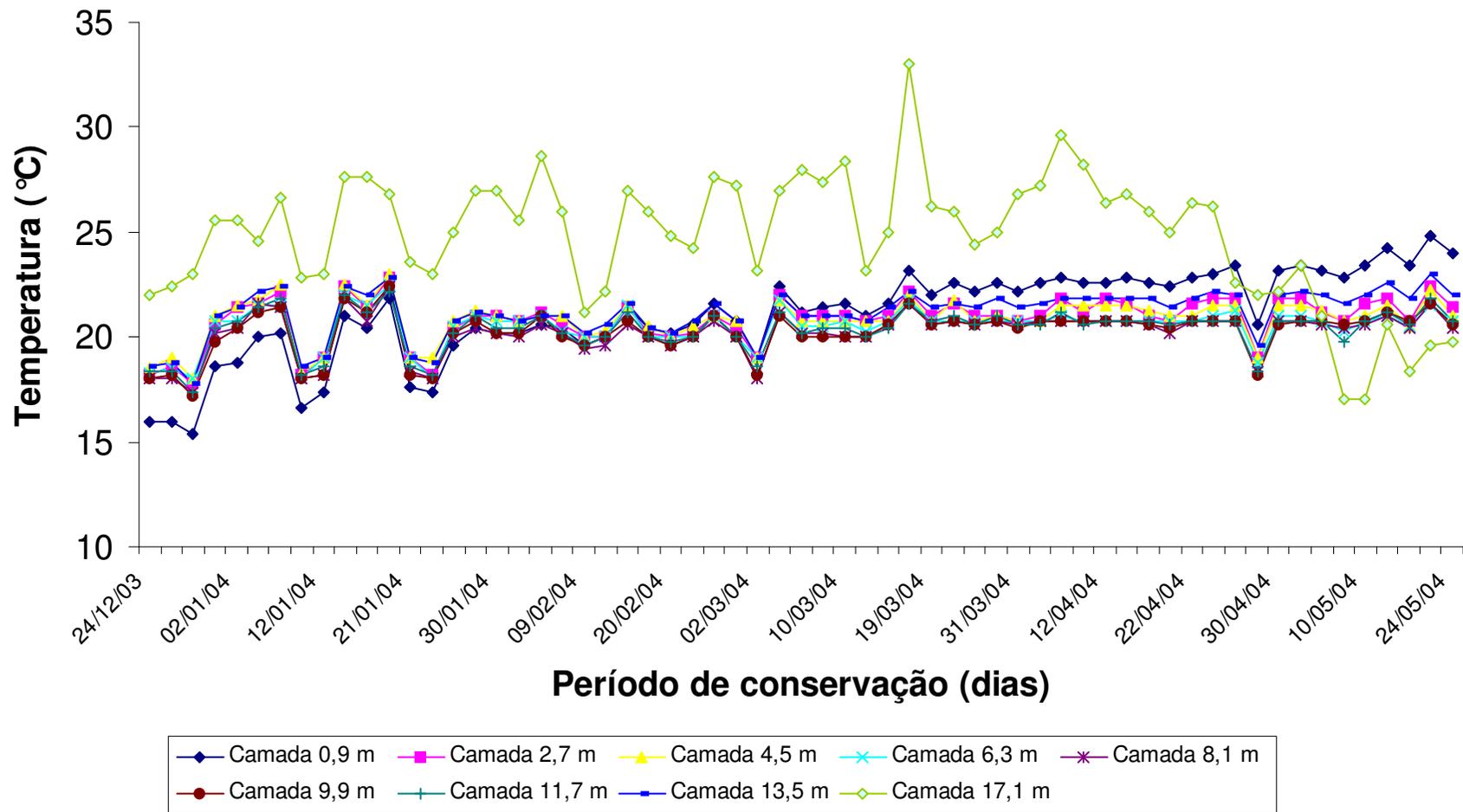


Figura 17 - Variação da temperatura (°C) nas diversas camadas do Silo 3 durante o período de conservação do trigo.

Semelhante ao verificado para o silo 2 observa-se na Figura 17 que, durante toda a etapa de conservação do silo 3, ocorreu uma pequena variação de temperatura nas diversas Camadas, com exceção apenas da Camada 17,1m, apesar da Camada 0,9m apresentar uma maior tendência de elevação da temperatura ao final da etapa de conservação. A temperatura da Camada 17,1m oscilou em função da temperatura externa devido ao fato dos sensores de termometria desta camada estarem localizados acima da superfície da massa de grãos. A Camada 15,3m não apresentou registro de temperatura devido a um defeito nos sensores dos cabos de termometria. Nota-se ainda que, após 151 dias de conservação a temperatura média do produto armazenado no silo 3 foi de aproximadamente 21,2 °C, temperatura média superior à encontrada no silo 1 (19,6 °C), porém próxima a temperatura verificada no silo 2 (21,8 °C). Ao serem consideradas a temperatura média final ao término do resfriamento (18°C) e a temperatura média ao final da etapa de conservação, pode-se verificar que ocorreu um acréscimo de temperatura de 3,2 °C em cerca de 5,0 meses, ou um aumento na temperatura média do silo de 0,6 °C/mês de armazenamento.

Comparando os resultados de aumento de temperatura em função do tempo de conservação, conclui-se que o trigo armazenado em silo de concreto, após o resfriamento artificial, aumenta sua temperatura, em média, de 0,7 °C por mês de armazenamento.

Observa-se que, ao longo dos períodos de conservação do produto nos silos, sob efeito de temperatura média externa superior na maior parte do tempo a 20 °C, a temperatura da massa de grãos manteve-se constante em todas as camadas, com pequena tendência de aumento a partir do final da etapa de resfriamento. A manutenção da temperatura após o resfriamento do trigo deve-se principalmente ao fato do produto agrícola ser considerado bom isolante térmico, o qual apresentou baixa condutividade térmica, além da proteção da estrutura de concreto do silo que favorece ao isolamento térmico. Assim, conclui-se que, uma vez realizado o resfriamento do trigo armazenado nos silos de concreto, as temperaturas do produto mantêm-se durante longo período de tempo, com tendência de pequeno aumento, independente das condições climáticas externas.

Observando a Figuras 16 e 17, nota-se que em determinados períodos, a temperatura da massa de grãos apresenta pequenas variações nas temperaturas da massa de trigo, que diminuem e aumentam em função da temperatura ambiente. Tomando-se o produto como um bom isolante térmico, pode-se concluir que as variações nas

temperaturas internas são resultados da interferência da temperatura do ar ambiente nos equipamentos de medições de temperatura, ou seja, nos sistemas de termometria instalados nos silos.

Quando comparou-se a Figura 13 da temperatura média do ar ambiente com as Figuras 15, 16 e 17, observou-se que a temperatura média ambiente foi sempre superior às temperaturas médias do trigo armazenado nos silos, ou seja, conclui-se que, independente da temperatura externa, o produto manteve-se com temperatura em níveis seguros de conservação.

5.2.3 TEOR DE UMIDADE DO TRIGO

Durante a etapa de conservação foram realizadas amostragens do produto nos silos em intervalos regulares de trinta dias para determinação do teor de umidade do trigo. As amostragens foram realizadas em duas profundidades: de 0 a 0,50 m (com terra de diatomácea) e 0,50 m a 1,00 m (sem terra de diatomácea).

Silo 1

A Figura 18 mostra a variação do teor de umidade do trigo armazenado no silo 1 durante a etapa de conservação.

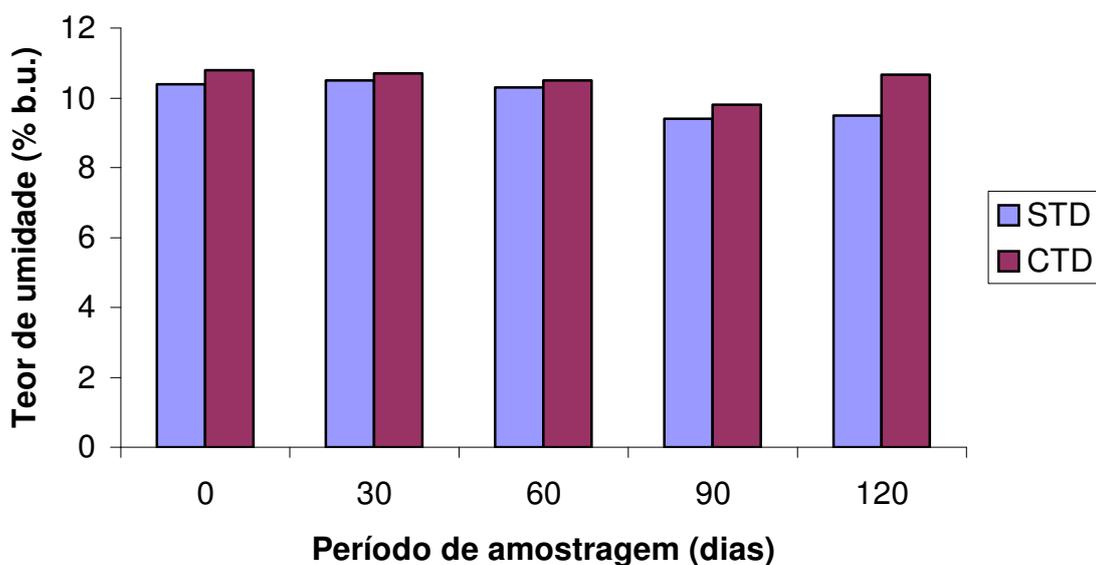


Figura 18 - Variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 1, nas camadas com (CTD) e sem (STD) terra de diatomácea, durante a etapa de conservação, Palotina-PR, 2003.

A análise da Figura 18 revela que as amostras com terra de diatomácea apresentaram valores de teor de umidade, em média, superiores às amostras sem terra de diatomácea. Tal resultado não era o esperado, visto que a terra de diatomácea é composta basicamente por óxido de sílica, o qual tem como propriedade absorver água, ou seja, em contato com o produto era de se esperar que o secasse e, conseqüentemente, apresentasse menor teor de umidade. Recomenda-se em trabalhos futuros, estudar o efeito da presença da terra de diatomácea no teor de umidade do produto.

A Tabela 2 apresenta o resultado da análise estatística para o teor de umidade do trigo armazenado no silo 1 durante a etapa de conservação.

Tabela 1 - Análise estatística do teor de umidade (% b.u.) do trigo armazenado no silo 1.

Período de conservação (dias)	Teor de umidade (% b.u.) Sem Terra de Diatomácea	Teor de umidade (% b.u.) Com Terra de Diatomácea
0	10,40 Aab	10,77 Aa
30	10,50 Aa	10,65 Aa
60	10,30 Aabc	10,45 Aa
90	9,40 Ac	9,75 Ab
120	9,50 Bbc	10,70 Aa
Coefficiente de Variação	4,12	2,23
Erro Padrão da Média	0,2066	0,1167

As médias de cada variável, oriundas de quatro repetições, seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 2, verifica-se que, com exceção da amostra sem terra de diatomácea retirada do silo 1 aos 120 dias de conservação do trigo, as amostras não diferiram estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade em relação aos teores de umidade do produto com ou sem terra de diatomácea.

Ao analisar a camada com terra de diatomácea (Tabela 2) constatou-se que somente a amostragem realizada aos 90 dias diferiu estatisticamente das demais amostragens, enquanto a camada sem terra de diatomácea apresentou maiores variações do teor de umidade ao longo da etapa de conservação.

Silo 2

A Figura 19 mostra a variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 2 durante a etapa de conservação.

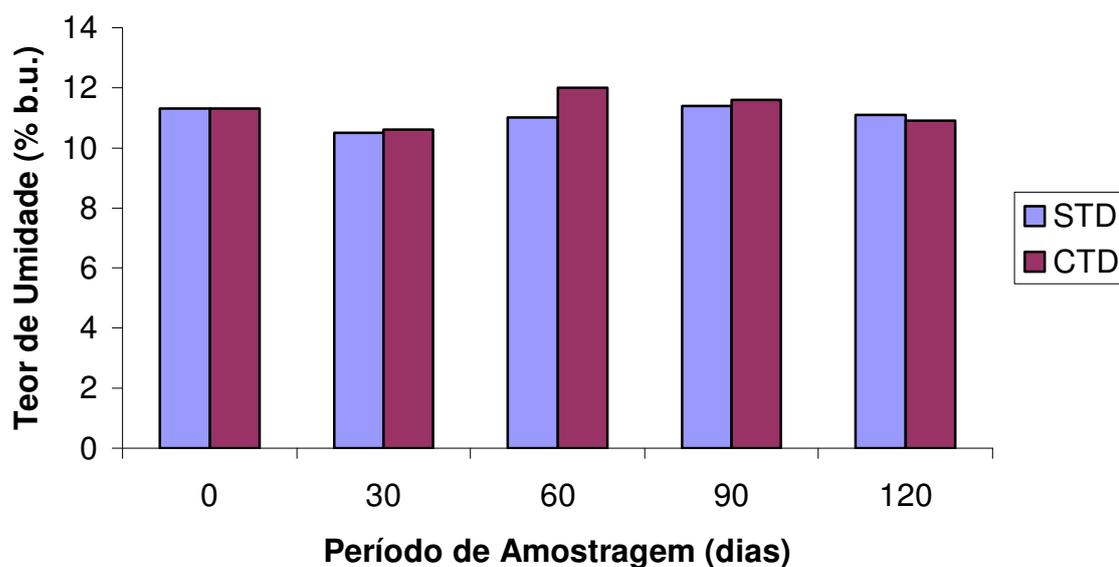


Figura 19 - Variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 2, nas camadas com (CTD) e sem (STD) terra de diatomácea, durante a etapa de conservação, Palotina-PR, 2003.

Semelhante ao verificado na Figura 18, pode-se notar na Figura 19, cujas amostras com terra de diatomácea apresentaram valores de teor de umidade em média superiores às amostras sem terra de diatomácea, com exceção da amostragem aos 120 dias, que apresentou valor inferior.

A Tabela 3 apresenta o resultado da análise estatística para o teor de umidade do trigo armazenado no Silo 2 durante a etapa de conservação.

Tabela 2 - Análise estatística do teor de umidade (% b.u.) do trigo armazenado no Silo 2.

Período de conservação (dias)	Teor de umidade (% b.u.) Sem Terra de Diatomácea	Teor de umidade (% b.u.) Com Terra de Diatomácea
0	11,25 Aa	11,32 Ac
30	10,55 Ab	10,65 Ae
60	11,05 Ba	12,00 Aa
90	11,37 Ba	11,65 Ab
120	11,10 Aa	10,92 Ad
Coeficiente de Variação	1,47	1,01
Erro Padrão da Média	0,0814	0,0570

As médias de cada variável, oriundas de quatro repetições, seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que, com exceção das amostras sem terra de diatomácea retiradas do Silo 2 aos 60 e 90 dias de conservação do trigo, as amostras não diferiram estatisticamente com 5 % de probabilidade em relação aos teores de umidade do produto com ou sem terra de diatomácea. A análise da camada com terra de diatomácea (Tabela 3) aponta que todas as amostragens realizadas diferiram estatisticamente das demais amostragens, enquanto a camada de trigo sem terra de diatomácea apresentou menores variações do teor de umidade ao longo da etapa de conservação.

Silo 3

A Figura 20 mostra a variação do teor de umidade do trigo armazenado no silo 3 durante a etapa de conservação.

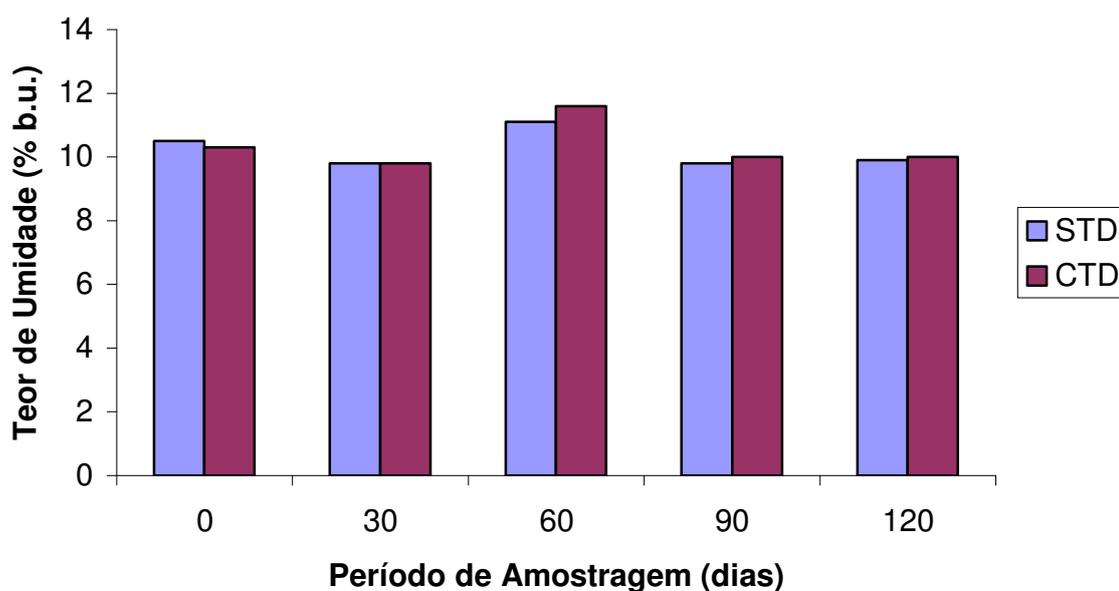


Figura 20 - Variação do teor de umidade do trigo armazenado no Silo 3, nas camadas com (CTD) e sem (STD) terra de diatomácea, durante a etapa de conservação, Palotina-PR, 2003.

De acordo com a semelhança verificada no silo 1 (Figura 18) e no silo 2 (Figura 19), observa-se que no silo 3 (Figura 20), as amostras com terra de diatomácea apresentaram valores de teor de umidade em média superiores às amostras sem terra de

diatomácea, com exceção da amostragem realizada no início da etapa de conservação (zero dias).

A Tabela 4 apresenta o resultado da análise estatística para o teor de umidade do trigo armazenado no silo 3 durante a etapa de conservação.

Tabela 3 - Análise estatística do teor de umidade (% b.u.) do trigo armazenado no silo 3.

Período de conservação (dias)	Teor de umidade (% b.u.) Sem Terra de Diatomácea	Teor de umidade (% b.u.) Com Terra de Diatomácea
0	10,47 Ab	10,27 Ab
30	9,75 Ac	9,85 Ac
60	11,12 Ba	11,60 Aa
90	9,77 Bc	9,97 Abc
120	9,90 Ac	10,00 Abc
Coefficiente de Variação	2,14	1,59
Erro Padrão da Média	0,1090	0,0822

As médias de cada variável, oriundas de quatro repetições, seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A análise da Tabela 4 mostra que, com exceção das amostras sem terra de diatomácea retiradas do Silo 3 aos 60 e 90 dias de conservação do trigo, estas não diferiram estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade em relação aos teores de umidade do produto com ou sem terra de diatomácea. Resultado semelhante foi verificado no Silo 2 que é, estruturalmente, idêntico ao Silo 3.

As análises das Figuras 18, 19 e 20 apontam que o comportamento do teor de umidade do trigo em cada período de amostragem foi idêntico, independente da presença da terra de diatomácea. Estas variações deveram-se, provavelmente, ao efeito da temperatura e umidade relativa externa, visto que as amostragens para determinação do teor de umidade foram realizadas nas camadas superiores da massa de grãos, as quais têm influência do ar ambiente. Assim, a maior temperatura e a menor umidade relativa do ar ambiente contribuem para a diminuição do teor de umidade, porém, o contrário também se observa.

De maneira geral, pode-se concluir que a presença da terra de diatomácea no trigo não alterou significativamente o teor de umidade do produto ao longo do período de conservação e pode ainda inferir que a presença da terra de diatomácea contribui para a manutenção estável quanto ao teor de umidade do trigo durante o armazenamento. Além disto, conclui-se que o trigo armazenado nos silos não apresentou variações significativas

quanto ao teor de umidade que comprometesse a manutenção da qualidade do produto ao longo do período de conservação.

5.2.4 CONTAGEM DE INSETOS

Para verificação da presença de insetos na massa de grãos após o resfriamento e durante a etapa de conservação foram retiradas, a cada 30 dias, amostras de trigo dos silos. Foram utilizados dois métodos para detectar a presença dos insetos: armadilhas do tipo calador e amostras colocadas em câmara climática (B.O.D.). O método que aplica armadilha foi utilizado somente no silo 1 e o método que utilizou a câmara climática para os silos 2 e 3.

Silo 1

A Figura 21 mostra o número total de insetos por espécie retirados das armadilhas do tipo calador em função do período de conservação do trigo no silo 1.

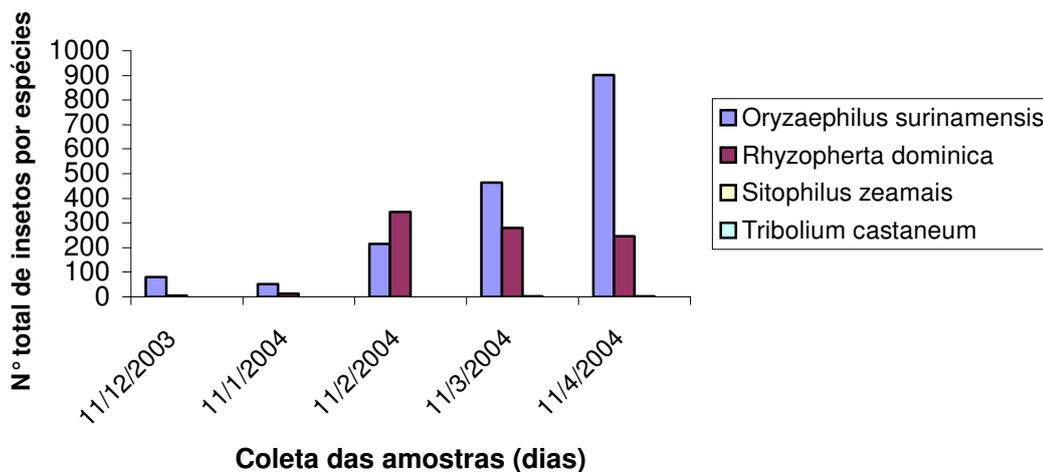


Figura 21 - Número total de insetos capturados com armadilhas tipo calador, separados por espécies, em unidade armazenadora de trigo da COTRIGAÇU, no município de Palotina-PR, em função do período de conservação.

Na Figura 21, os principais insetos encontrados nas armadilhas foram *Oryzaephilus surinamensis* e *Rhyzopherta dominica*, em que a presença dos mesmos foi verificada ao final da etapa de resfriamento (11/12/2003), ou seja, os insetos estavam

presentes na massa de trigo quando do resfriamento do produto. Pode-se observar ainda um constante aumento da presença do *O. surinamensis* a partir da terceira amostragem (11/02/2004). Por outro lado, para *R. dominica*, observa-se uma diminuição da constante de sua presença a partir do mesmo período de amostragem.

A Figura 22 mostra o número total de insetos retirados das armadilhas colocadas no Silo 1 e a variação da temperatura da Camada 17,1m.

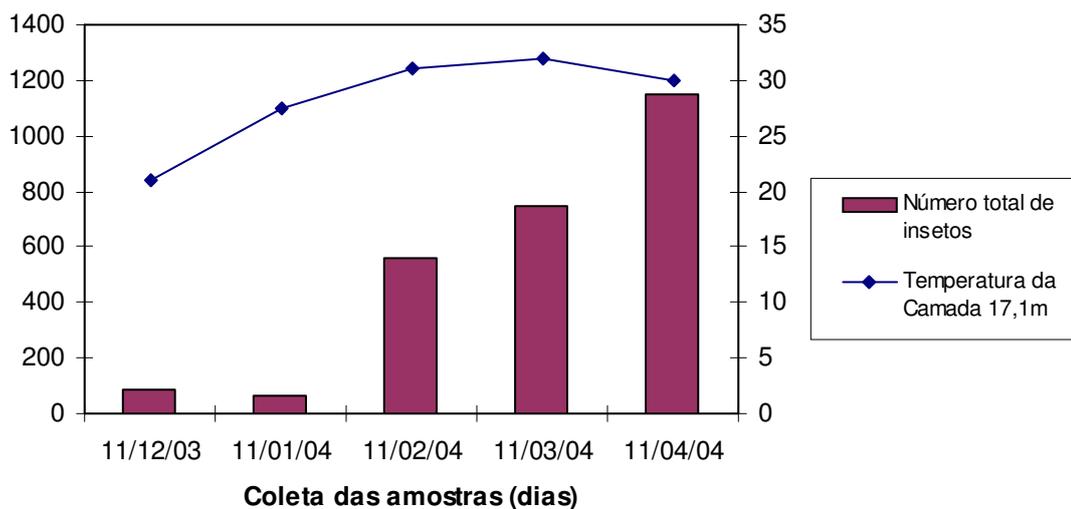


Figura 22 - Número total de insetos capturados com armadilhas tipo calador em silo com trigo e a variação da temperatura da Camada 17,1m em função do período de conservação, Palotina-PR, 2003.

De acordo com a Figura 22, pode-se verificar que o número de insetos coletados na massa de trigo armazenado no silo 1 está diretamente relacionado com a temperatura da Camada 17,1m, ou seja, a camada de trigo próxima à superfície da massa de grãos e ao teto do silo apresentou, durante a etapa de conservação, variação de temperatura de acordo com a temperatura do ar ambiente, por conseguinte, apresentou temperatura superior às demais camadas, favorecendo o desenvolvimento de insetos. Como as armadilhas foram colocadas imediatamente abaixo da camada de grãos com terra de diatomácea, conclui-se que, a maior temperatura da camada superficial da massa de grãos contribuiu para o desenvolvimento de insetos.

A Tabela 5 apresenta o número total de insetos capturados nas cinco armadilhas do tipo calador durante a etapa de conservação.

Tabela 4 – Relação das espécies de insetos e número total de indivíduos capturados em cinco armadilhas tipo calador no silo 1.

Ordem	Família	Espécie	Nº de insetos
COLEOPTERA			
	Silvanidade	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	1714
	Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	889
	Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	6
	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	2

A espécie que predominou foi *O. surinamensis*, espécie cosmopolita que ataca grãos de cereais, farinhas, condimentos, macarrão e chocolate (GALLO et al. 2002). Haja vista ser uma praga secundária, é incapaz de atacar grãos inteiros e sadios, assim, ataca grãos já infestados ou defeituosos, principalmente na região do embrião. A segunda espécie predominante foi a *R. dominica*. A detecção desta espécie é muito importante por se tratar de uma praga primária interna de trigo com elevado potencial destrutivo da massa de grãos. Segundo POY (1991), a mesma consome de cinco a seis vezes mais em relação ao seu próprio peso em uma semana.

Silo 2

Na Figura 23, o número total de insetos, por espécies, detectados no método da câmara climática, presentes nas amostras de trigo retiradas do Silo 2, aparece imediatamente abaixo da camada com terra de diatomácea.

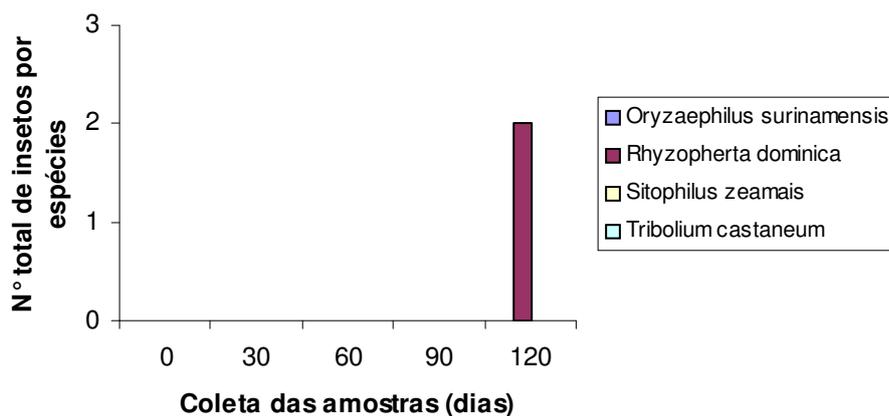


Figura 23 - Número total de insetos por espécie presentes no trigo do silo 2 em função do período de conservação (amostras retiradas imediatamente abaixo da camada com terra de diatomácea).

Na Figura 24, está o número total de insetos por espécies, detectados no método da câmara climática, presentes nas amostras de trigo armazenado no silo 2, cujas amostras foram retiradas na camada com terra de diatomácea.

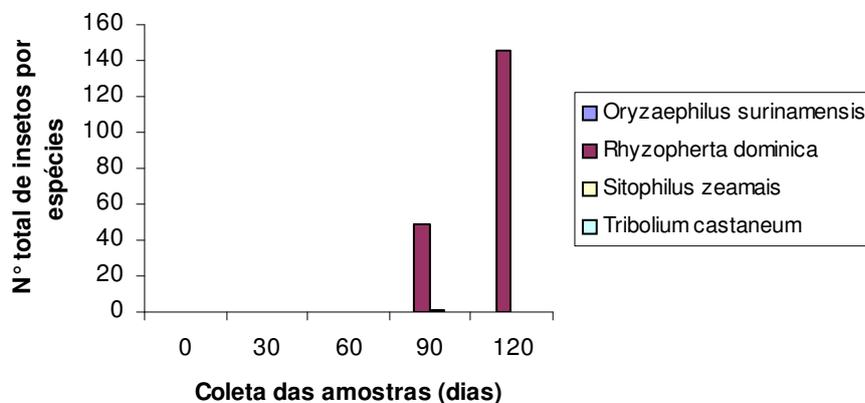


Figura 24 - Número total de insetos por espécie presentes no trigo do silo 2 em função do período de conservação (amostras retiradas da camada com terra de diatomácea).

As Figuras 23 e 24 apresentam que o principal inseto-praga coletado foi *R. dominica*, presente nos últimos meses de conservação do trigo. E ao comparar o número de insetos em função da presença da terra de diatomácea (Figura 24), pode-se observar que

ocorreu um número muito maior de insetos na camada com terra de diatomácea do que na camada sem terra de diatomácea (Figura 23).

Na Tabela 6, pode-se observar o número total de insetos detectados no método da câmara climática para o silo 2.

Tabela 5 – Relação das espécies de insetos e número total de indivíduos encontrados no silo 2.

Ordem	Família	Espécie	Nº de insetos Sem terra	Nº de insetos Com terra
COLEOPTERA				
	Silvanidade	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	0	0
	Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	2	197
	Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	0	1
	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	0	0

Silo 3

Na Figura 25, encontra-se o número total de insetos por espécies, detectados no método da câmara climática, presentes nas amostras de trigo armazenado no Silo 3, cujas amostras foram retiradas na camada com terra de diatomácea.

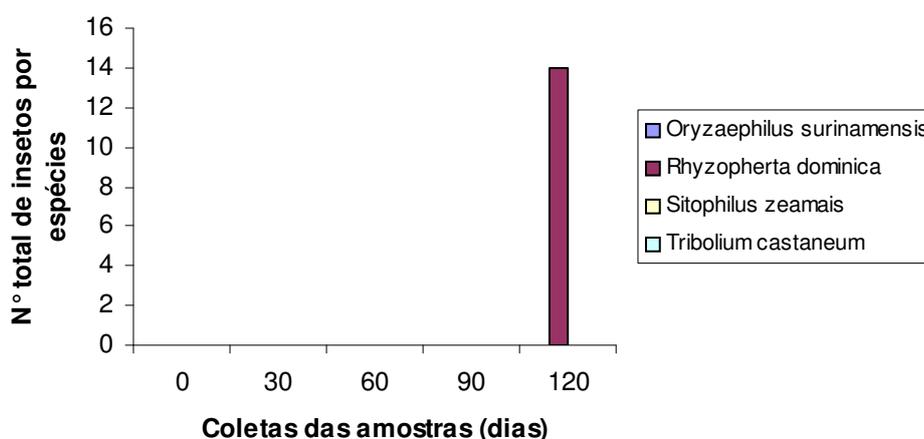


Figura 25 - Número total de insetos por espécie presentes no trigo do silo 3 em função do período de conservação (amostras retiradas da camada com terra de diatomácea).

De acordo com o que foi encontrado para o silo 2, pode-se observar na Figura 25 que a presença única da *R. dominica* ocorreu no final da etapa de conservação e na camada com terra diatomácea. Não foi detectada qualquer presença de insetos na camada imediatamente abaixo da camada de trigo tratada com terra de diatomácea.

Na Tabela 7, pode-se observar o número total de insetos detectados no método da câmara climática para o silo 3.

Tabela 6 – Relação das espécies de insetos e número total de indivíduos encontrados no silo 3.

Ordem	Família	Espécie	Nº de insetos Sem terra	Nº de insetos Com terra
COLEOPTERA				
	Silvanidade	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus)	0	0
	Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius)	0	14
	Curculionidae	<i>Sitophilus zeamais</i> Motschulsky	0	0
	Tenebrionidae	<i>Tribolium Castaneum</i> (Herbst)	0	0

De modo geral, verificou-se que a presença de insetos foi maior na camada de trigo com terra de diatomácea que na massa de grãos imediatamente abaixo da camada protetora. A terra de diatomácea foi utilizada superficialmente como protetora do produto contra infestações externas. Neste sentido, pode-se explicar a maior presença de insetos nessa camada devido à proximidade dos outros silos da unidade armazenadora, os quais não foram resfriados, porém tratados quimicamente durante a etapa de conservação. Por conseguinte, os insetos, ao migrarem para os silos resfriados, encontraram a barreira protetora formada pela terra de diatomácea, e morrem antes de penetrar na massa de grãos. Apesar da avaliação não fazer distinção entre insetos vivos e mortos, mas apenas quanto ao total de insetos encontrados, foi verificada, durante a identificação e contagem, a maior presença de insetos mortos que vivos.

Comparando os dois métodos para detectar a presença de insetos, verifica-se que o método da armadilha registrou um maior número de insetos que no método da câmara climática. Esta diferença ocorre porque, na armadilha, os insetos são acumulados com o passar do tempo, ou seja, eles entram e não conseguem sair do equipamento, enquanto no método da câmara climática, a amostragem retira os insetos e/ou grãos infestados no momento e local.

5.3. QUALIDADE DO TRIGO ARMAZENADO

Antes do processo de resfriamento e após o período de conservação, foram retiradas amostras do produto para verificar a manutenção da qualidade intrínseca do trigo armazenado sob efeito da baixa temperatura proporcionado pelo resfriamento artificial. As amostras foram retiradas durante as etapas de enchimento e descarregamento dos silos.

No Apêndice A, são apresentados os resultados das análises dos indicadores quantitativos e qualitativos da farinha proveniente do trigo armazenado nos silos 1, 2 e 3, bem como os resultados das Análises de Variância dos indicadores.

Silo 1

A Tabela 8 mostra os resultados médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 1 e a análise de variância dos índices.

Tabela 7 - Índices médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 1 e resultado da análise de variância.

	Antes do Resfriamento	Após a Conservação	Análise de Variância (pvalor)
Glúten Úmido (%)	29,1	28,9	0,749
Glúten Seco (%)	9,7	10,0	0,373
Glúten Index (%)	88,6	79,8	0,012
Índice de Queda (seg)	280,5	279,8	0,954
Tenacidade da Massa (P)	80,9	79,9	0,875
Extensibilidade da Massa (L) (cm)	81,8	79,2	0,744
Relação (P/L)	1,08	1,04	0,746
Força do Glúten (10 ⁻⁴ Joules)	202,2	200,4	0,895

Obs.: Pvalor < 0,05 significativo

Na Tabela 8, está apresentado o único fator que apresentou diferença significativa foi o índice Glúten Index que apresentou pvalor (0,012) < 0,05. Apesar de o Glúten Index apresentar diferença significativa entre as farinhas produzidas pelo trigo antes do resfriamento e após o resfriamento, o índice representa uma medida quantitativa, portanto não influencia na qualidade da farinha de trigo. Assim, pode-se concluir que, para o silo 1, não houve efeito do resfriamento artificial nem do período de conservação no que tange à qualidade da farinha proveniente do trigo resfriado.

Silo 2

A Tabela 9 mostra os resultados médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 2 e a análise de variância dos índices.

Tabela 8 - Índices médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 2 e resultado da análise de variância

	Antes do Resfriamento	Após a Conservação	Análise de Variância (pvalor)
Glúten Úmido (%)	27,5	30,4	0,007
Glúten Seco (%)	8,8	10,0	0,023
Glúten Index (%)	91,2	86,6	0,261
Índice de Queda (seg)	351,5	361,0	0,782
Tenacidade da Massa (P)	98,3	102,5	0,541
Extensibilidade da Massa (L) (cm)	67,5	62,0	0,739
Relação (P/L)	1,54	1,68	0,509
Força do Glúten (10 ⁻⁴ Joules)	230,0	221,3	0,705

Obs.: Pvalor < 0,05 significativo

De acordo com a Tabela 9, pode-se verificar que os únicos fatores que apresentaram diferenças significativas foram os índices Glúten Úmido e Glúten Seco que apresentaram pvalor < 0,05. Apesar destes indicadores apresentarem diferenças significativas entre as farinhas produzidas pelo trigo antes do resfriamento e após o resfriamento, os indicadores representam medidas quantitativas, portanto não influenciam na qualidade da farinha de trigo. Assim, conclui-se que, também para o Silo 2, não houve efeito do resfriamento artificial nem quanto ao período de conservação na qualidade da farinha proveniente do trigo resfriado.

Silo 3

A Tabela 10 apresenta os resultados médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 3 e a análise de variância dos índices.

Tabela 9 - Índices médios das análises quantitativa e qualitativa da farinha produzida pelo trigo armazenado no silo 3 e resultado da análise de variância.

	Antes do Resfriamento	Após a Conservação	Análise de Variância (pvalor)
Glúten Úmido (%)	29,1	28,7	0,680
Glúten Seco (%)	8,9	9,7	0,056
Glúten Index (%)	86,1	90,5	0,277
Índice de Queda (seg)	319,6	382,9	0,001
Tenacidade da Massa (P)	118,3	119,4	0,923
Extensibilidade da Massa (L) (cm)	51,4	56,1	0,195
Relação (P/L)	2,4	2,17	0,571
Força do Glúten (10^{-4} Joules)	223,6	257,1	0,117

Obs.: Pvalor < 0,05 significativo

Pode-se verificar na Tabela 10 que o único fator que apresentou diferença significativa foi o indicador Índice de Queda ou Falling Number que apresentou pvalor (0,001) < 0,05. O aumento do indicador poderá afetar a textura dos pães e assim, fazer com que a massa passe a ter um aspecto úmido e pegajoso, caso seja utilizada em panificação, no entanto pode ser adequada para a produção de massas. Apesar deste indicador afetar a qualidade da farinha, as especificações das farinhas são exclusivas de cada empresa e produto, pois os limites das características de uma farinha existem para melhor adaptá-la a determinada receita, processo e padrão de produto. Além disso, os produtos armazenados nos silos são de diferentes variedades, porém há a possibilidade de ter sido colocada, no Silo 3, uma variedade de trigo sensível à mudança de temperatura ou ao longo período de conservação.

De modo geral, as farinhas produzidas pelas amostras de trigo retiradas dos silos antes do resfriamento e após o período de conservação não apresentaram alterações substanciais nos indicadores quantitativos e qualitativos do produto. Em trabalhos futuros recomenda-se analisar o efeito, ao longo do tempo, da temperatura na qualidade de diferentes variedades de trigo.

6. CONCLUSÕES

Ao realizar esta pesquisa em uma unidade armazenadora da Cooperativa Central Regional Iguaçu – COTRIGUAÇU, conclui-se que:

Para a época e o local onde foi realizado o experimento, a temperatura do ar ambiente não apresentou valores adequados para a prática da aeração convencional, sendo necessária a diminuição da temperatura do ar de forma artificial.

O equipamento de refrigeração artificial promoveu o resfriamento uniforme de toda a massa de grãos.

O custo do resfriamento artificial, ao considerar apenas o custo com energia elétrica, foi de R\$ 0,53 por tonelada de trigo resfriado.

A presença da terra de diatomácea no trigo não alterou significativamente o teor de umidade do produto ao longo do período de conservação, e há ainda a possibilidade de inferir-se que a presença da terra de diatomácea contribuiu para a manutenção estável do teor de umidade do trigo durante o armazenamento.

O trigo armazenado nos silos não apresentou variações significativas no teor de umidade que comprometesse a manutenção da qualidade do produto ao longo do período de conservação.

A maior temperatura da camada superficial da massa de grãos contribuiu para o desenvolvimento de insetos.

Para o silo 1, não houve efeito do resfriamento artificial nem referente ao período de conservação na qualidade da farinha proveniente do trigo resfriado.

Para os silos 2 e 3 também não houve efeito do resfriamento artificial nem do período de conservação na qualidade da farinha proveniente do trigo resfriado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELL, C.H., ARMITAGE, D.M. **Refrigeration. In.: Saer, D.B. Storage of cereal grains and their products.** St. Paul, Minnesota, American Association of Cereal Chemists, 1992. p.274-292.

BRASIL. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, 1992. p.185-195

CANEPELE, C. **Qualidade do grão de milho (*Zea mays* L.) da pré-colheita ao armazenamento, métodos de monitoramento e controle de insetos.** Tese apresentada ao curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. 2003. p. 94-96.

CHRISTENSEN, C. M. **Storage of cereal grains and their products.** St. paul: AACC, 1974. p. 549.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra 2002/2003.** 6º Levantamento, agosto de 2003. Disponível em: (<http://www.conab.gov.br>). Capturado em 25 de maio de 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Tesouro mal guardado.** Agosto de 2004. Disponível em: (<http://www.conab.gov.br>). Capturado em 25 de Agosto de 2004.

DELIBERALI, J.; ELIAS, M.C.; ROMBALDI, C.V.; GUARIENTI, E.M. Umidade de colheita e temperatura do ar na secagem intermitente sobre a qualidade tecnológica de trigo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18, 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo. 1999. v. 2 p. 439-444.

EBELING, W. Sorptive dusts pest for pest control. **Ann. Rev. Entomol.** **16**, 1971. p. 123-158.

FARONI, L. R. D. **Principais pragas de grãos armazenados.** In.: Armazenagem de grãos e sementes nas propriedades rurais. XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campina Grande, PB. 1997. p.189-291.

FELÍCIO, J. C.; CAMARGO, C. E. de O.; GERMANI, R.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; BORTOLETTO, N.; PETTINELLI, A. J. Influência do ambiente no rendimento e na qualidade de grãos de genótipos de trigo com irrigação por aspersão no estado de São Paulo. **Bragantina**, Campinas, v.60, n° 2, p. 111-120, 2001.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola.** Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz – FEALQ, Piracicaba, São Paulo. 2002. 920p.

GUARENTI, E.M. Qualidade industrial de trigo. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 27p.

GUTDOSKI, L.C.; SILVEIRA, L. Avaliação reológica de cultivares de trigo para a produção de biscoitos. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 18., 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa Trigo. 1999. v 2 p. 386-390.

GRANOTEC DO BRASIL. Avaliação microscópica de farinhas de trigo e produtos derivados. Apostila Didática. 1998. p. 03-65.

HARA, Tetuo. **Armazenagem de grãos**. Sistema de Aeração de Grãos. Instituto Bio Geneziz, IBG, Campinas, SP. 2002, p. 362.

HELLEMAR, J. **Chilling: a quality control alternative**. (World Grain, October 1, 1993).

HELLEVANG, K. **Cool Stored Grain to Prevent Damage**. In.: Agriculture Communication, North Dakota University, 1999. (<http://www.ext.nodak.edu/extnews/newsrelease/1999/110499/11coolst.htm>). Capturado em 10/06/2004.

HUBNER, O. **Trigo**. Disponível on-line em: <http://www.pr.gov.br/seab/deral/cultural1.rtf>. Acesso em 20/08/2003.

JACKSON, K.; WEBLEY, D. Effects of dryacide on the physical properties of grains, pulses and oilseeds. In: **Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection**, v. 2. CAB, Oxon. Canberra, Austrália. 1994.

JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G. **Storage and drying of grain in Canada: low cost approaches**. Food Control 14. 2003. p. 255-261.

JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G., MUIR. W.E. **Stored Grain Ecosystems**. New York: Marcel Dekker, 1995. 775p.

LASSERAN, J. C. **Aeração de grãos**. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, Viçosa. 1981. 128p.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e ração**. Curitiba: Paranaset, 1997. 134p.

LAZZARI, F. A. **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e ração**. Curitiba: Ed. do Autor, 1993. 140p

LEÃO, F.S.C. **O trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1972. p.07.

LORINI, I. **Controle integrado de pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo, EMBRAPA , RS. 1998. 52p.

MAIER, D.E. **Chilled aeration and storage of U.S. crop – a review.** In: International Working Conference on Storage-product Protection. 6. v.1 s/d; s/l ; p. 300-310.

MAIER, D.E. **Grãos armazenados a granel é um sistema ecológico produzido pela ação do homem no qual a deterioração é um processo contínuo resultante de interações de variáveis físicas, químicas e biológicas.** s/l ; 1994

MANDARINO, J.M.G. Aspectos importantes para qualidade do trigo. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 23p., (EMBRAPA-CNPSO. **Documentos**, 60)

MIRANDA, M. Z. **Efeitos do tempo de germinação do trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional de farinha integral:** Campinas, 1998. 216 f. Tese (Doutorado em tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas.

NOYES, R. T.; WEINZIERL, R.; CUPERUS, G. W.; MAIER, D.E. Storage Grain Management Techniques. Cap. 12 ; 1991 (**mimeo**).

OWENS, G. **Managing Moisture.** (World Grain, January 1, 2003).

PEDERSEN, J. R. Insects: Identificacion, damage and detection. In: SAUER, D. B. (ed). **Storage of cereal grains and their products.** D.B. Sauer (ed) Minnesota. American Association Cereal Chemistry. 1992. p.435-489.

POY, L. de A. **Ciclo de vida de *Rhyssopertha dominica* (Fabricius, 1972) (Col.:Bostrichidae) em farinhas e grãos de diferentes cultivares de trigo.** Dissertação de Mestrado em Entomologia, UFPR, Curitiba. 1991. 88p.

SANTOS, J. P. **Armazenagem de grãos.** Métodos Preventivos de Controle de Pragas. Instituto Bio Geneziz, IBG, Campinas, SP. 2002, p. 417-418.

SINHA, R. N.; MUIR, W. E. **Grain storage:** part of a system. Westport: The AVI Publishing Co, 1973. p. 481.

TECNOLOGIA DA PANIFICAÇÃO. Disponível em: <http://www.geocities.com>. Acesso em 04 nov. 2003.

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola.** Kepler Weber Industrial, Porto Alegre, RS. 1995. p. 206.