

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



UNICAMP

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO MÉTODO DE
RESFRIAMENTO RÁPIDO COM AR FORÇADO PARA
MORANGOS (*Fragaria x ananassa* Duch.), *IN NATURA***

Por

CIBELE SOARES BINOTTI

Engenheira Agrônoma

**Campinas – SP
Dezembro 2000**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



B C

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO MÉTODO DE
RESFRIAMENTO RÁPIDO COM AR FORÇADO PARA
MORANGOS (*Fragaria x ananassa* Duch.), *IN NATURA***

Por

CIBELE SOARES BINOTTI

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Luís Augusto Barbosa Cortez

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, em cumprimento parcial aos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Tecnologia Pós-Colheita.

Campinas – SP
Dezembro 2000

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	TI UNICAMP
	B518a
V.	Ex.
TCP	45071
PRE	26-392/07
C	<input type="checkbox"/>
U	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	03/04/04
N.º CPD	

CM00157B43-B

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

B518a	<p>Binotti, Cibele Soares</p> <p>Avaliação quantitativa do método de resfriamento rápido com ar forçado para morangos (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.), <i>IN NATURA</i> / Cibele Soares Binotti.-Campinas, SP: [s.n.], 2000.</p> <p>Orientador: Luís Augusto Barbosa Cortez. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.</p> <p>1. Morango. 2. Resfriamento. 3. Alimentos – Textura. I. Cortez, Luís Augusto Barbosa T. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.</p>
-------	--

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãs,

Pelo carinho, compreensão e apoio.

Ao Marcelo,

Pelo carinho, incentivo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Luís Augusto Barbosa Cortez, pela orientação e apoio durante o trabalho.
- Aos membros do Comitê de Orientação, Prof. Silvio Luís Honórios e Dr^a. Maria Aparecida de Souza Tanaka, pela colaboração nesse trabalho.
- Ao pesquisador Dr. Francisco Passos, pelo auxílio nas atividades a serem realizadas.
- Aos funcionários da Faculdade de Engenharia Agrícola, pela colaboração no desenvolvimento da pesquisa.
- À Pós-Graduação pela ajuda financeira para realização do trabalho
- Aos professores Inácio Maria Dal Fabbro e Kil Jin Park, pelos esclarecimentos durante o andamento e finalização do trabalho.
- Aos colegas de Pós-Graduação, Fernando Pedro Reis Brod e João Carlos dos Santos, que colaboraram para realização desse trabalho e a Fabiana, Sara, Alexandre e Celso que estiveram por perto durante todo o período.
- À empresa “Izaías Juliato e outros”, pelo fornecimento dos frutos.
- A Universidade Estadual de Campinas e aos Departamentos de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários e de Construção Civil, pela disponibilidade de suas instalações.
- À CAPES e ao CNPq, pelo suporte financeiro durante grande parte do trabalho.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS.....	viii
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
I INTRODUÇÃO.....	13
II OBJETIVOS.....	15
III REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. INTRODUÇÃO.....	16
3.2. HISTÓRICO.....	17
3.3. CARACTERÍSTICAS DAS VARIEDADES DE FRUTOS.....	18
3.4. OCORRÊNCIA DE DOENÇAS NOS FRUTOS.....	19
3.5. COLHEITA.....	21
3.6. RESPIRAÇÃO E TRANSPIRAÇÃO.....	23
3.7. COMERCIALIZAÇÃO.....	25
3.8. INJÚRIAS.....	26
3.9. QUALIDADE DOS FRUTOS.....	27
3.10. EMBALAGEM.....	27
3.11. RESFRIAMENTO.....	29
3.11.1. <i>Água Gelada</i>	32
3.11.2. <i>Gelo</i>	32
3.11.3. <i>Vácuo</i>	33
3.11.4. <i>Ar Forçado</i>	33
IV. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
4.1. INTRODUÇÃO.....	36
4.2. MATERIAL.....	37
4.2.1. <i>Produto</i>	37
4.2.2. <i>Embalagens</i>	38
4.2.3. <i>Câmara Fria</i>	40
4.2.4. <i>Sistema de Aquisição de Dados</i>	42
4.2.5. <i>Avaliação Química e Física</i>	42
4.2.5.1. <i>Textura</i>	42
4.2.5.2. <i>Acidez Total</i>	43
4.2.5.3. <i>Sólidos Solúveis</i>	44
4.2.5.4. <i>Peso</i>	44
4.2.6. <i>Ocorrência de Doenças</i>	44

4.2.7. <i>Análise Sensorial</i>	45
4.3. MÉTODOS	45
4.3.1. <i>Produto</i>	45
4.3.2. <i>Embalagens</i>	46
4.3.3. <i>Câmara Fria</i>	46
4.3.4. <i>Sistema de Aquisição de Dados</i>	47
4.3.5. <i>Avaliação Química e Física</i>	48
4.3.5.1. <i>Textura</i>	48
4.3.5.2. <i>Acidez Total</i>	48
4.3.5.3. <i>Sólidos Solúveis</i>	49
4.3.5.4. <i>Peso</i>	49
4.3.6. <i>Ocorrência de Doenças</i>	50
4.3.7. <i>Análise Sensorial</i>	50
4.3.8. <i>Análise Estatística</i>	53
4.3.8.1. <i>Fatores Quantitativos</i>	53
4.3.8.2. <i>Fatores Qualitativos (Análise Sensorial)</i>	53
4.3.8.3. <i>Resfriamento</i>	53
V. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1. PESO	55
5.2. SÓLIDOS SOLÚVEIS	58
5.3. TEXTURA	59
5.4. ACIDEZ TOTAL	60
5.5. OCORRÊNCIA DE DOENÇAS	61
5.6. ANÁLISE SENSORIAL	62
5.6.1. <i>Brilho</i>	62
5.6.2. <i>Cor</i>	64
5.6.3. <i>Sabor</i>	66
5.6.4. <i>Textura</i>	67
5.7. RESFRIAMENTO	69
CONCLUSÕES	77
BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tratamentos realizados no interior da câmara com morangos: Campinas – IAC 2712.....	42
Quadro 2: Fichas de avaliação sensorial.....	52
Quadro 3: Efeito da perda de peso, no armazenamento a frio, com Δt de 2 horas após a colheita.....	55
Quadro 4: Efeito da perda de peso, no armazenamento a frio, com Δt de 8 horas após a colheita.....	56
Quadro 5: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao brilho dos frutos.....	63
Quadro 6: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao brilho dos frutos.....	63
Quadro 7: Intensidade do brilho nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2	63
Quadro 8: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao brilho dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	64
Quadro 9: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao brilho dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	64
Quadro 10: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a cor dos frutos.....	64
Quadro 11: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a cor dos frutos.....	65
Quadro 12: Intensidade da cor nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2	65
Quadro 13: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a cor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	65
Quadro 14: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a cor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	65
Quadro 15: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao sabor dos frutos.....	66
Quadro 16: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao sabor dos frutos.....	66
Quadro 17: Intensidade do sabor nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2	67
Quadro 18: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao sabor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	67
Quadro 19: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao sabor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	67
Quadro 20: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a textura dos frutos.....	68
Quadro 21: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a textura dos frutos.....	68
Quadro 22: Intensidade da textura nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2	68
Quadro 23: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a textura dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	69
Quadro 24: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a textura dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.....	69
Quadro 25: Comparação entre embalagens e tempo pós-colheita igual a 2 horas.....	73
Quadro 26: Comparação entre embalagens e tempo pós-colheita igual a 8 horas.....	75
Quadro 27: Comparação entre tempos pós-colheita e embalagem de papelão.....	75
Quadro 28: Comparação entre tempos pós-colheita e embalagem de plástico.....	76
Quadro 29: Áreas sobre os gráficos Δt versus tempo ($^{\circ}\text{C min}$).....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Colheita dos morangos nos EUA.....	21
Figura 2: Embalagem de papelão e de plástico.....	38
Figura 3: Morangos acondicionados em embalagem de papelão e de plástico.....	38
Figura 4: Embalagem secundária de papelão.....	38
Figura 5: Embalagem de papelão.....	39
Figura 6: Embalagem plástica.....	39
Figura 7: Túnel de resfriamento.....	39
Figura 8: Câmara de resfriamento.....	40
Figura 9: Dimensões da câmara de resfriamento.....	40
Figura 10: Texturômetro LOYD.....	43
Figura 11: Podridão aquosa (<i>Rhizopus</i>).....	50
Figura 12: Mofo cinzento (<i>Botrytis cinerea</i>).....	50
Figura 13: Perda de peso ao longo do armazenamento com resfriamento rápido 2 horas após a colheita.....	56
Figura 14: Perda de peso ao longo do armazenamento com resfriamento rápido 8 horas após a colheita.....	56
Figura 15: Perda de peso em embalagens de papelão com resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita.....	57
Figura 16: Perda de peso em embalagens de plástico com resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita.....	57
Figura 17: Efeito dos sólidos solúveis para Δt de 2 horas após a colheita.....	58
Figura 18: Efeito dos sólidos solúveis para Δt de 8 horas após a colheita.....	58
Figura 19: Efeito dos sólidos solúveis em embalagem plástica 2 horas e 8 horas após a colheita.....	58
Figura 20: Efeito dos sólidos solúveis em embalagem de papelão 2 horas e 8 horas após a colheita.....	58
Figura 21: Efeito da textura para Δt de 2 horas após a colheita.....	59
Figura 22: Efeito da textura para Δt de 8 horas após a colheita.....	59
Figura 23: Efeito da textura em embalagem plástica 2 horas e 8 horas após a colheita.....	60
Figura 24: Efeito dos sólidos solúveis em embalagem de papelão 2 horas e 8 horas após a colheita.....	60
Figura 25: Efeito da acidez titulável para Δt de 2 horas após a colheita.....	61
Figura 26: Efeito da acidez titulável para Δt de 8 horas após a colheita.....	61
Figura 27: Efeito da acidez titulável em embalagem plástica 2 horas e 8 horas após a colheita.....	61
Figura 28: Efeito da acidez titulável em embalagem de papelão 2 horas e 8 horas após a colheita.....	61
Figura 29: Comparação entre embalagens e tempo pós-colheita para o resfriamento rápido com ar forçado, medido na polpa dos morangos.....	70
Figura 30: Comparação entre embalagens e tempo pós-colheita para o resfriamento rápido com ar forçado, medido na superfície dos morangos.....	71
Figura 31: Δt de 2 horas e embalagem de papelão.....	72
Figura 32: Δt de 2 horas e embalagem de plástico.....	73
Figura 33: Δt de 8 horas e embalagem de papelão.....	74
Figura 34: Δt de 8 horas e embalagem de plástico.....	74

RESUMO

O presente trabalho de pesquisa foi direcionado a uma avaliação quantitativa do método de resfriamento rápido com ar forçado, aplicado a morangos recém colhidos para consumo *in natura*.

Esses fatores foram selecionados para que se pudesse obter respostas seguras da necessidade da utilização do frio tanto para a extensão da vida útil dos frutos como para a manutenção da qualidade requerida pelos consumidores durante este período maior. Além da comprovação da necessidade do frio, o trabalho justifica porque o período entre a colheita e início do resfriamento rápido tem que ser o mais breve possível, evitando desperdícios, podendo organizar melhor a distribuição do produto sem perda de qualidade.

As embalagens estudadas são comercialmente disponíveis em centros de distribuição dos produtos, havendo forte tendência de se empregar apenas a de plástico com tampa – *clam-shell*, a qual oferece grandes vantagens tanto durante os testes realizados quanto para o consumidor final o qual tem preferências específicas quanto a sua aceitação. Foi encontrado que o morango quando submetido ao resfriamento rápido, 2 horas após a colheita, o tipo de embalagem estudada não influenciou o tempo necessário para atingir $\frac{7}{8}$ da diferença entre a temperatura inicial e a que se deseja armazenar o produto. Contudo, o intervalo de tempo de 8 horas após a colheita associado a embalagem plástica aumentou significativamente o período de resfriamento, sendo o tempo médio para o final do resfriamento 80 minutos e 200 minutos, respectivamente.

Os testes quantitativos e qualitativos foram realizados a cada dois dias, iniciados logo em seguida ao término do processo de resfriamento rápido, dentro da câmara fria a uma temperatura de $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, sendo acondicionado durante 15 dias na câmara frigorífica, período no qual foram realizados os testes.

Como parâmetro representativo da qualidade final dos morangos a serem tratados, foram realizadas avaliações objetivas e subjetivas dos frutos.

Dentro das avaliações objetivas foram realizados testes de laboratório medindo a textura, peso, sólidos solúveis e acidez total dos frutos. Para se aproximar da exigência dos consumidores foram aplicadas análises sensoriais avaliando-se cor, sabor, brilho e textura dos

morangos. Foi encontrado também que cerca de 1 a 2% do massa total do produto é perdida durante o processo de resfriamento rápido, nas embalagens de papelão, porém as plásticas não apresentaram perda de massa a 5% de significância, durante este processo.

As análises de sólidos solúveis e de acidez total apresentaram diferenças significativas, o que pode ser explicado pela utilização de produtos químicos no morango.

Ficou evidenciado que a textura não apresentou variação significativa durante o tempo de armazenagem.

Foram também identificadas as doenças no lote testemunha, apenas quando constatados os sintomas e seu agente causal.

SUMMARY

This research work presents a quantitative analysis of the forced air cooling method applied to fresh strawberries. The factors selected are related to the necessity of the cooling method application in extending the shelf life of the product, as well as to meet the quality required by the consumer. Beyond this point, this research work also emphasizes the reasons why the period between harvest and pre-cooling should be the shortest possible, avoiding losses, making possible to deliver a better product. Proposed packing are commercially available, existing a remarkable tendency in employing clam-shell type, or, in other words, plastic box with cover which offers significative advantages to the programmed tests as well as to the consumer approval. It was found that packing type did not influence the required time for the product to reach 7/8 of the difference between the initial and final temperatures when submitted to pre-cooling for the 2 hours after harvest treatment. However, plastic packing provided a significative increase in the cooling time when the 8 hours period treatment was applied. The final average cooling time was 80 minutes to the cardboard packing and 200 minutes to the plastic packing.

Quantitative and qualitative tests were carried inside of the cool chamber at a temperature of $0^{\circ}\text{C} + 1^{\circ}\text{C}$, at each two days, immediately after the pre-cooling, for a period of 15 days.

Objective and subjective analysis were considered as parameters for the final product quality. Objective analysis were represented by fruit texture, mass, soluble solids as well as acidity levels determinations.

Sensorial analysis carried to evaluate fruit color, texture, flavor and brightness had the purpose of meeting consumer quality requirement.

Total mass loss during the pre-cooling process reached the value of 1 to 2% for cardboard packing and did not reach significative value for the plastic ones.

The use of chemicals for disease control has been considered the responsible factor generating significative results for the soluble solids as well as for the acidity levels related to all treatments. Fruit texture showed no significative variation during the storage period.

Diseases occurrence were checked only in the control samples.

I. INTRODUÇÃO

A cultura do morango pode ser encontrada em várias regiões do mundo e em quase todos os tipos de clima, cujo consumo tem exibido significativo crescimento. A espécie cultivada, *Fragaria x ananassa* Duch., é um híbrido de duas espécies originárias da América, *Fragaria virginiana*, nativa do Canadá e Estados Unidos e *Fragaria chiloensis*, encontrada no Chile e também desde a costa da Califórnia até as ilhas Aleutas, no norte do continente americano (CONTI, 1998).

A posição de maior produtor mundial, assim como a maior produtividade, é detida pelos Estados Unidos, sendo que a Califórnia concentra 80% da produção americana de morango. A Espanha é o maior exportador mundial, seguido da Itália e dos Estados Unidos e a Alemanha figura como o maior importador desse produto.

No Brasil a produção é voltada basicamente ao mercado interno, tanto para o consumo *in natura* como para a industrialização, figurando os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul como os principais produtores.

A produção de morango se concentra de junho a outubro, gerando grandes oscilações de preços devido à oferta irregular do produto ao mercado. Estima-se que a produção nacional fica em torno de 40 mil toneladas anuais, exploradas numa área inferior a 1000 ha, visando atender basicamente o mercado interno, tanto para o mercado *in natura* como para industrialização (RESENDE *et al.*, 1999).

Segundo alguns autores, a apreciação do morango está associada a aspectos psicológicos os quais parecem induzir seu consumo. Nisto se destaca sua estacionalidade e disponibilidade limitada, o que confere um maior atrativo ao produto, tornando-o um produto bastante desejável. Além disto, se tivesse que eleger uma só característica do morango como principal atrativo para o consumidor ter-se-ia que destacar o aspecto estético, a aparência externa os quais o tornam um fruto bastante atraente (OLÍAS *et al.*, s.d.).

No entanto, apesar da produção e do consumo serem relativamente escassos, observou-se que em geral as perdas pós-colheita são maiores em países menos desenvolvidos, incluindo as zonas tropicais, como o Brasil. Aproximadamente 25% das perdas da produção vegetal desses países é constituída por raízes, bulbos, frutas e hortaliças.

Uma estratégia utilizada no Brasil para se estender a vida de prateleira dos morangos é iniciar a colheita com estágio de maturação abaixo do ideal, antes do fruto apresentar $\frac{3}{4}$ de sua superfície com a coloração avermelhada. Isso se deve ao fato de não se poder contar com uma técnica adequada às necessidades; colhe-se frutos mais verdes para que suportem por mais tempo as condições impostas na comercialização, o que não permite que atinjam as qualidades requeridas pelo mercado consumidor, o que só é possível quando os morangos são colhidos mais maduros ($\frac{3}{4}$ maduro) ou quando a maturação é retardada com a ajuda de técnicas apropriadas.

O conhecimento e aplicação de métodos para reduzir os danos e perdas pós-colheita são medidas usuais nos países desenvolvidos, enquanto que nos países em desenvolvimento a aquisição do conhecimento e sua aplicação nem sempre são bem sucedidos, uma vez que a solução para muitos problemas de manuseio e armazenamento está associada a fatores educacionais, sociológicos e econômicos (CHITARRA *et al.*, 1990).

Diversos métodos podem ser aplicados para retardar o amadurecimento após a colheita, porém a mais indicado para morangos *in natura* é a estocagem refrigerada, a qual induz, como ação principal, a redução da taxa de respiração dos frutos, retardando a ação dos agentes deteriorantes (NEVES FILHO *et al.*, 1997). De acordo com esses autores seriam três as causas das perdas na produção do morango, voltado para o consumo *in natura*, a saber: influência dos fatores externos, as características fisiológicas próprias do fruto e manipulação inadequada pós-colheita, sendo esse fator considerado mais importante (OLÍAS *et al.*, s.d.).

Quando associado a um processo de estocagem refrigerada, um resfriamento rápido retira o “calor de campo” do produto colocando-o em uma condição ideal para seu acondicionamento e com menos tempo despendido para isso o que o torna o tratamento pós-colheita mais indicado para morangos, pêssegos e cogumelos, pois atende às limitações do produto.

É essa a razão pela qual técnicas de conservação pós-colheita devem ser difundidas e melhor avaliadas, principalmente para o morango, o que identifica o objetivo primário deste estudo. Dessa forma, os dados a serem apresentados neste trabalho permitirão avaliar as vantagens da utilização da refrigeração na conservação de morangos para consumo *in natura*.

II. OBJETIVOS

O objetivo central deste projeto de pesquisa é obter uma descrição quantitativa e confiável da utilização do método de resfriamento rápido com ar forçado e armazenagem de morangos recém colhidos em função das seguintes condições de aplicação:

- Tempo de início do resfriamento rápido – 2 horas e 8 horas após a colheita.
- Tipo de embalagem primária utilizada para morangos: plástico com tampa - *clam-shell* e papelão.

..... Os objetivos específicos associados ao objetivo principal são:.....

- Avaliar a qualidade final do produto nas seguintes condições de aplicação: tempo de início do resfriamento rápido e tipo de embalagem.
- Demonstrar que a vida comercial dos morangos para consumo *in natura* pode ser prolongada com a utilização do resfriamento rápido com ar forçado, mantendo a qualidade exigida pelo consumidor.

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Introdução

Um projeto de operação de um sistema de estocagem frigorificada para hortaliças frescas, deve considerar os custos envolvidos não somente quanto às características dos equipamentos, mas também no que tange às perdas de qualidade e peso do produto.

Durante a armazenagem ocorrem perdas por falta de instalações adequadas. Há necessidade de venda imediata quando não existem condições de armazenamento adequadas gerando evidentes prejuízos. Tem-se assim um mercado que apresenta uma variação cíclica de custo, fenômeno este que afeta tanto o produtor como o consumidor.

A redução de perdas a nível de produção associada a uma estocagem reguladora e planejamento correto de distribuição no mercado, propiciaria grandes benefícios ao consumidor o qual, afinal, é quem paga pelos erros ou acertos desta cadeia.

Há uma outra perda associada à interrupção das funções vitais ou vegetais quando se inicia uma série de transformações que dão origem aos fenômenos deteriorativos. Tais processos ocorrem rapidamente quando os produtos são submetidos à temperatura ambiente, que não tardiamente levará a inutilização do produto.

A medida que se provoca o abaixamento da temperatura, retardam-se consideravelmente esses fenômenos promovidos pela ação de agentes deteriorantes (microrganismos, enzimas e reações químicas). Assim, um maior tempo de preservação do produto pode ser conseguido quando esses são submetidos à condições de baixas temperaturas.

Como é de se esperar, o estado da matéria-prima, o manuseio e o método de resfriamento adotado vão influir na qualidade do produto final. No entanto, é sabido que durante a estocagem frigorificada ocorrem modificações físico-químicas, tendo sido identificados como os fatores que provocam alterações de qualidade no produto, a temperatura, o tempo de estocagem assim como a umidade relativa, a circulação de ar em torno do produto e sua embalagem como as mais importantes.

É fundamental a conservação das propriedades do produto ao longo da cadeia de distribuição, visto que o produto é bastante suscetível à alterações indesejáveis e que as condições

acima citadas sejam devidamente controladas. Tais modificações podem, talvez, não serem notadas externamente mas, certamente serão sentidas através da mudança de sabor, textura e outros atributos de qualidade inerentes ao produto.

Para se reduzir tais perdas a níveis compatíveis o produto deverá ser resfriado e mantido em condições adequadas, caso típico dos produtos *in natura* os quais sofre a ação de fenômenos fisiológicos e patológicos responsáveis por um contínuo processo de deterioração.

Inicialmente é importante o conhecimento das etapas que precedem a estocagem, tais como os tratamentos culturais, o próprio cultivar, acidentes com o produto durante a colheita, transporte e manipulação. A soma desses efeitos têm papel importante na estocagem.

A escolha das condições mais convenientes versus qualidade está diretamente relacionada com a temperatura de estocagem, movimentação do ar, umidade relativa e certas propriedades do produto. Além desses há outros fatores que devem ser associados: desordens fisiológicas e patológicas e perda de água do produto. Assim a identificação do principal risco ao produto seria um primeiro passo na redução de perdas (NEVES FILHO, 1997).

3.2. Histórico

O morangueiro é uma planta rasteira, da família *Rosaceae*, gênero *Fragaria* (QUEIROZ-VOLTAN *et al.*, 1996). Seus estolhos possuem internódios, nos quais se desenvolvem as raízes, folhas e flores de pétalas brancas, reunidas em inflorescências do tipo racimo, completas e auto-férteis nos cultivares comerciais (GROPPO *et al.*, 1997). Segundo CAMARGO (1963), a parte comestível, carnosa e suculenta é um receptáculo dos verdadeiros frutos que são os aquênios, pequeninos, duros e superficiais. Entretanto, para fins comerciais, denomina-se fruto ao conjunto do receptáculo carnoso mais os aquênios.

A temperatura e o comprimento do dia são os fatores que controlam a frutificação no morangueiro. A temperatura diurna é um fator crítico, pois quando elevada, os frutos desenvolvidos são pobres de sabor, ácidos e pouco firmes, sendo que a temperatura aproximada de 10°C durante a manhã é considerada ideal para o amadurecimento de frutos de alta qualidade (Filgueira, 1982. In: CONTI, 1998).

O comprimento do dia afeta a cultura, pois dias curtos estimulam a frutificação e dias longos na fase vegetativa propicia a emissão de estolhos. A interação entre o fotoperíodo e a temperatura determinam a adaptação de um certo cultivar para uma localidade. Desse modo, o morangueiro pode ser considerado uma cultura típica de clima temperado, e no entanto o cultivo em clima tropical também é viável desde que utilizados cultivares adaptados (Filgueira, 1982. In: CONTI, 1998).

No Brasil, entretanto, Filgueira (1982). In: CONTI (1998), assegura que as cultivares desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) têm um bom desempenho quando plantadas em regiões tropicais desde que cultivadas em locais de altitude elevada. A época de plantio recomendada para o Centro-Sul do Brasil é entre os meses de março e maio, obtendo-se produções de maio a dezembro. Nos meses de junho e julho os dias se tornam mais curtos e a temperatura declina, favorecendo a floração, a frutificação e o desenvolvimento de frutos de boa qualidade. A partir dos meses de setembro e outubro, a temperatura se eleva e os dias se alongam, favorecendo a fase vegetativa favorecendo a emissão de estolhos, terminando o período produtivo.

3.3. Características das Variedades de Frutos

Durante a safra da cultura do morango (*Fragaria x ananassa* Duch.), as perdas ocorridas resultam das próprias características do fruto e da atuação de agentes externos que, aliados, propiciam o deterioramento do fruto em poucos dias.

Existem diversos cultivares de morango no Brasil e, segundo PASSOS *et al.* (1997), podem ser destacados os seguintes:

Campinas IAC 2712: desenvolvido pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), cultivado desde o início da década de 60. Os frutos são graúdos de formato cônico-alongado, com firmeza regular na época quente, suculentos, com coloração vermelho-brilhante externamente e rosa internamente; é recomendado para o consumo *in natura* devido ao sabor adocicado. Essa cultivar depois de lançada, em pouco tempo se tornou a mais difundida no Brasil. Apesar de não existir nenhum levantamento de área ocupada com cultivares de morango,

pode-se afirmar que, através de informações obtidas com produtores de mudas e com órgãos governamentais, que essa cultivar é a mais cultivado no Brasil até os dias de hoje (CONTI, 1998).

Dover: desenvolvida pela Universidade da Flórida e lançada em 1979, exibe frutos graúdos, de formato cônico a cônico-alongado e ápice cristado (ponta alargada), com coloração vermelha intensa externamente e vermelha internamente, polpa firme, epiderme forte, pouco suculento, com resistência ao transporte e tempo de prateleira com sabor fraco, tendência a ácido.

Toyonoka: de origem japonesa, com frutos graúdos e cônicos, regularmente suculentos, de textura firme, coloração externa vermelho-brilhante e rosa interna. O sabor se destaca pela excepcional doçura, sendo recomendado para o consumo *in natura*.

O sabor morango, natural ou artificial, é muito aceitável quando comparado com outras frutas, o que define a preferência do consumidor pelo fruto *in natura*, pois atende à confecção de uma grande variedade de produtos (LIMA, 1999).

3.4. Ocorrência de Doenças nos Frutos

Segundo DIAS (1999), a cultura do morangueiro é gravemente afetada pelas doenças, principalmente as fúngicas. Apesar das excelentes características organolépticas, o morango é um fruto altamente perecível, o qual apresenta alta taxa respiratória e vida pós-colheita limitada. Em virtude dos altos teores de água no tecido, açúcares e ácidos, se torna um substrato ideal à proliferação de organismos patogênicos os quais causam consideráveis danos durante o transporte, amadurecimento pós-colheita e armazenamento à temperatura ambiente (LIMA, 1999).

O principal objetivo do controle de enfermidades pós-colheita durante a vida comercial dos frutos é inibir o desenvolvimento de infecções já iniciadas no campo (OLÍAS *et al.*, s.d.). Existe um grande número de enfermidades descritas que podem afetar o fruto, tais como:

Antracnose: causada pelo fungo *Colletotrichum* spp., sendo a principal doença que ataca o morango, podendo causar sérios prejuízos, uma vez que todas as partes das plantas podem ser afetadas. Existem dois tipos de **antracnose** que ocorrem no morangueiro, conhecidas

como "coração vermelho" ou "chocolate", causada pelo fungo *Colletotrichum fragariae* Brooks, a qual ataca o rizoma, pecíolos, estolhos e frutos; e a "flor preta" causada pelo fungo *Colletotrichum acutatum* Simmonds (flores e frutos, mas dificilmente ataca o rizoma) (DIAS, 1993). Nos frutos, inicialmente ocorre o aparecimento de manchas de forma circular, grandes e de aspecto aquoso. A doença causada pelo fungo *Colletotrichum fragariae* se caracteriza por apresentar uma mancha necrótica, deprimida, de coloração escura, com bordos ligeiramente elevados (RAMOS, 1991). Já a doença causada pelo fungo *Colletotrichum acutatum* produz mumificação das inflorescência e dos frutos novos em desenvolvimento. Nos frutos já desenvolvidos podem aparecer manchas marrons, profundas e firmes (GROPPO *et al.*, 1991).

Mofa cinzento: causado pelo fungo *Botrytis cinerea*, provocando danos graves à produção de morangos em todas as áreas de cultivo do mundo, chegando a destruir, em casos graves, até 70% dos frutos verdes, maduros ou após a colheita (DIAS, 1999). Em frutos maduros, causa uma podridão de tamanho variável, de cor marrom clara, com uma consistência mole, mas não aquosa (TANAKA *et al.*, 1997). Entre as podridões do fruto, a pós-colheita é a mais importante. As melhores condições para o aparecimento da doença são alta umidade e temperatura ao redor de 5 a 10⁰C, propiciando a propagação de um fruto para o outro, tanto na planta como nas caixas de embalagens depois de colhidos (DIAS, 1999).

Podridão aquosa: importante doença que ocorre durante a comercialização do produto, e raramente notada no campo. Os frutos colhidos trazem na sua superfície, o inoculo (esporângio do fungo) o qual se desenvolve durante o transporte e armazenamento, causando apodrecimento. Os sintomas são muito característicos; os frutos maduros se apresentam com um aspecto semelhante à podridão mole, aquosa, com o suco escorrendo para fora. Na superfície há desenvolvimento abundante de micélios, esporangióforos, e esporângios do fungo agente causal, *Rhizopus* (TANAKA *et al.*, 1997). O fungo pode se disseminar rapidamente pelo contato do suco que escorre dos frutos infectados para os sadios dentro das embalagens. Os frutos atacados apresentam alterações na cor e na consistência e posteriormente se verifica sobre eles um crescimento micelial denso e branco, entremeado com esporângios e esporangiófaros escuros. O suco liberado pelos frutos infectados dissemina o inoculo para os frutos sadios após a colheita. Temperaturas abaixo de 10⁰C inibem o desenvolvimento do *Rhizopus* (DIAS, 1999).

3.5. Colheita

Segundo THOMPSON (1986), o objetivo da colheita é fazer com que o produto saia do campo e chegue até o mercado em condições ideais de maturação, com um mínimo de danos, tão rápido quanto possível e a um custo mínimo.

A colheita dos morangos é o primeiro passo do esquema de manipulação do fruto (Figura 1), realizada manualmente na maioria dos casos, com algumas exceções de colheita mecanizada na Itália, Israel e muito excepcionalmente nos Estados Unidos, para morangos destinados à indústria (OLÍAS *et al.*, s.d.).

O período inicial a colheita depende do clima da região, variando de abril-maio a junho em regiões mais quentes, podendo se estender até dezembro, com picos em agosto e setembro (CASTELLANE, 1993).



Figura 1: Colheita dos morangos nos EUA.

Certos cuidados no momento da colheita, são necessários para que se obtenha frutas de características superiores a nível de consumidor (SIGRIST, 1998).

Os frutos devem ser colhidos nos períodos mais frescos do dia, com bastante cuidado para não danificá-los. Em dias quentes se recomenda que, no máximo uma hora após a colheita, fazer o resfriamento com ar forçado para conservação do produto (PASSOS, 1997).

No momento da colheita de produtos perecíveis, a maturidade desempenha um importante papel no modo em que são manuseados, transportados e comercializados, bem como em seus períodos de armazenamento (SIGRIST, 1998).

Segundo MITCHELL *et al.* (1964), a colheita e manipulação dos frutos são as operações que mais podem gerar danos. Os morangos são colhidos em diferentes estádios de maturação, dependendo do tempo e distância ao mercado consumidor. Frutos comercializados próximo ao local de produção devem ser colhidos inteiramente maduros, já os que serão destinados a longas distâncias devem ser colhidos quando tiverem com coloração rosa ou no estágio $\frac{3}{4}$ maduro.

A colheita manual feita no ponto denominado “maduro” se destina à indústria e no ponto “ $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ maduro” deve ser endereçada à comercialização *in natura*. Após a colheita deve-se fazer o resfriamento com ar forçado a 0° C e 90% de umidade relativa do ar, para conservação do morango (PASSOS, 1997).

De acordo com PANTASTICO (1981), dois conceitos devem ser levados em consideração para definir maturidade:

a) Maturação fisiológica: um fruto está fisiologicamente maduro, se todos os fatores químicos e físicos necessários ao processo de amadurecimento estão presentes.

b) Maturação comercial: se refere a qualquer estágio durante o desenvolvimento do fruto, determinada pelo consumidor ou pelo mercado.

De acordo com OLÍAS *et al.* (s.d.), o morango maduro tem uma vida muito curta. Devido a esse fato, a colheita deve ser realizada antes do fruto estar fisiologicamente maduro, para permitir os processos de manipulação e distribuição, porém num estado de desenvolvimento que garanta a continuidade do processo de coloração adequada, mesmo fora da planta.

LIMA (1999), afirma que os problemas de pós-colheita de morango e de outras culturas são bastante significativos no Brasil por causarem grandes prejuízos ao produtor. Tais problemas acontecem, entre outros fatores, em função do sistema de colheita e manuseio

inadequados, das péssimas condições de embalagem, armazenamento e transporte e do ineficiente tratamento fitossanitário.

Independente da utilização a que o fruto se prestará futuramente, esses devem estar sãos, inteiros, sem ferimentos, lesões, restos de solo e nem sintomas iniciais de ataque por *Botrytis*. Os frutos que apresentem início de podridões, qualquer que seja, devem ser separados do restante e retirados do campo para evitar que se transformem em focos de infecções para o resto dos frutos sadios (OLÍAS *et al.*, s.d).

CHITARRA *et al.* (1990), afirmam que os cuidados devem ser iniciados no campo ou no local de produção, prolongando-se até a etapa final de consumo. Durante a colheita, muitas perdas podem ser consideravelmente reduzidas pela correta aplicação de práticas recomendadas e de manuseio. Diferentes fatores devem ser considerados, tais como o estágio de maturação do produto, o período do dia para realização da colheita, o manuseio adequado de utensílios, tipos e cuidados necessários com recipientes sanitizados, bem como o uso de técnicas adequadas para o resfriamento do produto, classificação, padronização e armazenamento.

Por serem extremamente perecíveis, os morangos devem ser comercializados o mais rápido possível após a colheita para que não ocorram problemas quanto a sua qualidade (MITCHELL *et al.*, 1964).

3.6. Respiração e Transpiração

Após a colheita do fruto, a respiração se torna o principal processo fisiológico, uma vez que esse não depende mais da absorção de água e minerais realizados pelas raízes, da condução de nutrientes pelo sistema vascular, nem da atividade fotossintética das folhas da planta mãe. Portanto, depois da colheita os frutos têm vida independente e utilizam para tal, suas próprias reservas de substratos, acumulados durante o seu crescimento e maturação, com conseqüente depressão progressiva nas reservas de matéria seca acumulada. A respiração resulta em modificações profundas podendo ser altamente indesejáveis sob o ponto de vista da qualidade. Em condições não controladas, essas mudanças podem levar rapidamente à senescência, o que torna os tecidos muito susceptíveis ao ataque de microrganismos e à perda de

umidade. Assim, o controle da respiração passa a ser condição essencial para a obtenção de condições adequadas de armazenamento de produtos perecíveis (CHITARRA *et al.*, 1990).

Durante o processo respiratório há consumo de oxigênio (O_2) do ar e liberação de CO_2 . Esse tipo de respiração com consumo de O_2 do ar, é conhecido como respiração aeróbica. Medindo-se o consumo de O_2 ou a liberação de CO_2 , pode-se prever a vida útil do produto. É através da medição desses gases que foram propostos os modelos respiratórios, característicos de dois grupos de produtos. Os frutos que apresentaram grande variação na taxa respiratória são classificados como climatéricos (quando atingem um estágio adequado de desenvolvimento, mas ainda não estão prontos para o consumo exibindo a “maturidade fisiológica”, podendo ser colhidos e deixados amadurecer fora da planta-mãe) (MEDLICOTT, 1986). Aqueles que não apresentaram grande variação na taxa respiratória são denominados não-climatéricos (somente amadurecem enquanto estiverem ligados à planta-mãe, e não melhoram suas qualidades de excelência e nutricional, embora possam ocorrer um leve amolecimento e perda de coloração verde) (HONÓRIO, 1998).

Segundo NEVES FILHO (1997), frutas, verduras, e tubérculos são organismos vivos que continuam com processos metabólicos mesmo após a colheita e dependendo do estágio de desenvolvimento do produto ocorrem variações metabólicas, bem como alterações físicas e químicas na estrutura dos vegetais. Um fator crítico que afeta respiração durante a estocagem frigorificada é a temperatura e sua redução implica na diminuição da respiração, prolongando seu tempo de estocagem.

Outro fenômeno biológico que ocorre nos tecidos vegetais é a transpiração a qual se dá pela evaporação da água através das estruturas anatômicas. Durante o tempo que estão ligadas à planta-mãe, os frutos e hortaliças têm reposição constante de água perdida pela transpiração. Após a colheita o processo de perda de água é contínua, porém com o prejuízo de não ser mais repostas (NEVES FILHO, 1997).

O processo da respiração está associado ao da transpiração, principal fator responsável pela perda de peso. A perda de água por transpiração é relativamente alta afetando a aparência e aceitabilidade do produto como alimento, podendo ter substancial importância na comercialização, onde usualmente são referidas como murchamento. Perdas na ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, porém, alguns produtos são ainda

comerciáveis com 10% de perda de umidade. Quanto mais seco o ambiente de armazenamento, maior será a perda de peso do produto. Os produtos perecíveis, mesmo quando colocados em condições ideais, sofrem alguma perda de peso durante o armazenamento devido ao efeito combinado da respiração e da transpiração (CHITARRA *et al.*, 1990).

Segundo OLÍAS *et al.* (s.d.), a taxa de respiração do morango depende em grande parte da temperatura de armazenamento e de seu estágio de maturação no momento da colheita. A atividade respiratória do morango a temperaturas acima de 10°C é muito elevada chegando a 150 mg CO₂/kg/h e, por consequência, a vida comercial útil se torna muito breve, atingindo de 5 a 7 dias, mesmo na ausência de patógenos aceleradores de destruição.

3.7. Comercialização

CHITARRA *et al.* (1990), afirmam que a qualidade de frutos e hortaliças na fase pós-colheita, depende grandemente da tecnologia utilizada na cadeia da comercialização. A seleção da tecnologia é função do tipo de destino do produto. A comercialização e a produção não podem ser consideradas isoladamente. A proteção do produto deve começar no campo, isto é, imediatamente após a colheita e continuar até que os produtos sejam consumidos através da correta aplicação de práticas recomendadas para a colheita e para o manuseio.

OLÍAS *et al.* (s.d.), afirmam que fundamentalmente são três as causas que contribuem para as grandes perdas do morango: características físicas próprias do fruto, influência de fatores externos e internos e inadequada manipulação pós-colheita.

Assim, LIMA (1999), afirma que a comercialização e a disponibilidade dos morangos são restritas, acarretando em perdas consideráveis tanto nutritivas quanto econômicas. Várias tecnologias vêm sendo pesquisadas e desenvolvidas para se minimizar e prevenir as perdas pós-colheita, garantir a manutenção da qualidade e prolongar a vida útil de morangos.

A comercialização do morango é feita em embalagens que tem como finalidade separar os produtos agrícolas em unidades convenientes para o manuseio. Para serem funcionais essas devem proteger os frutos de danos mecânicos causados por esfolhaduras, impacto, vibração ou compressão (SIGRIST, 1998).

As manipulações pós-colheita podem afetar as transformações metabólicas e os compostos químicos já presentes no produto, porém, qualquer disfunção ou dano no produto irá gerar qualidade pós-colheita insatisfatória, afetando, assim sua comercialização (CHITARRA *et al.*, 1990).

Quando se fala em morangos, sua alta perecibilidade associada ao período relativamente curto da safra levam o produtor a uma venda imediata com evidentes prejuízos, pois os preços caem a níveis mínimos, elevando-se à medida que ocorre uma redução na oferta. Tem-se, assim, um mercado que apresenta uma variação cíclica do custo, fenômeno que afeta tanto o produtor como o consumidor (NEVES FILHO, 1997).

3.8. Injúrias

As injúrias nos frutos e vegetais podem ocorrer durante as operações pré e pós-colheita. A colheita mecânica é a maior responsável pelos danos os quais são também ocasionados pelos processos de acondicionamento e transporte (PRUSSIA *et al.*, 1993, e HUNG *et al.*, 1989).

Os danos podem ser causados por um ou mais tipos de solicitação mecânica: impacto, compressão, ou vibração (BRUSEWITZ *et al.*, 1991; VERGANO *et al.*, 1991). Injúria por impacto é causada por uma força gerada num curto espaço de tempo. A compressão causadora de injúrias é gerada pela ação de uma força no local, associada a uma superfície, ocorrida durante a colheita, pelo contato com as mãos ou dos dedos (FERREIRA, 1994). Ainda segundo FERREIRA (1994), as injúrias causadas por vibrações podem resultar de um impacto à um grande nível de energia e podem também ser geradas por uma combinação de impacto e compressão periódicas de cargas. As injúrias causadas por vibrações usualmente ocorrem durante o transporte, causando grandes porcentagens de perdas (JONES *et al.*, 1991).

3.9. Qualidade dos frutos

BLEINROTH (1992), afirma que o produto agrícola, seja qual for, é caracterizado por uma série de atributos quantitativos e/ou qualitativos. Os quantitativos se referem a tamanho e peso. Os qualitativos dizem respeito à forma, turbidez, coloração natural, grau de maturação, sinais de danos mecânicos, fisiológicos, de pragas, presença de resíduos de produtos químicos e de sujidades.

Segundo LIMA (1999), os atributos sensoriais que devem ser avaliados em morangos são aparência (tamanho, forma, cor), sabor e odor (*flavor*), valor nutritivo, condição e ausência de defeitos (amassaduras, cortes), sendo que grande parte desses atributos sofrem modificações físico-químicas e bioquímicas durante a fase pós-colheita. Essa avaliação é feita através de análises garantindo um melhor controle, pois atualmente as exigências do consumidor têm sido de fundamental importância.

O morango oferece atração peculiar, por sua cor vermelho-brilhante, odor envolvente, textura macia e sabor levemente acidificado. Essas características, segundo HULME (1971), SCALON *et al.*, (1995). In: LIMA (1999), se devem ao alto teor de umidade que pode atingir 90% da parte comestível. O sabor característico é proveniente principalmente dos ácidos cítrico (10-18 mEq) e málico (1-3 mEq) e de açúcares, entre os quais predominam a glicose, a frutose (4,5%) e a sacarose (0,9%). Os minerais de maior destaque são o cálcio e o fósforo (29 mg/100g). A vitamina C predomina sob forma de ácido ascórbico, com teor de 60 mg/100g. Como componentes da textura, as substâncias pécticas variam em seus teores durante o amadurecimento. Tal solubilidade conduz os frutos a um maior amaciamento com perda da textura (LIMA, 1999).

3.10. Embalagem

MITCHELL (1992), afirma que as embalagens para produtos hortícolas devem ter algumas características especiais, como por exemplo, proteção contra danos mecânicos, dimensões adequadas para movimentação com paletes e devem ser resistentes a ambientes úmidos (próximos a saturação ou até molhados). Devem também permitir um rápido resfriamento

do produto, facilidade de visualização dos frutos, além de constituírem mais um atrativo para o consumidor a se interessar pelo produto.

Basicamente, segundo BORDIN (1998), a definição clássica enfatiza que a embalagem é um dispositivo destinado à conter, proteger e vender um determinado produto. A função de contenção visa agrupar unidades de modo a tornar mais conveniente e eficaz o manuseio e distribuição dos produtos. Os produtos devem ocupar todo o interior da embalagem para que não haja desperdício de espaço para transporte e/ou armazenamento. A função de proteção está relacionada à capacidade da embalagem em suportar e proteger seu conteúdo das solicitações ocorridas durante as operações de distribuição e comercialização dos produtos agrícolas.

Entretanto, a função vendedora da embalagem é muito pouco utilizado no Brasil, uma vez que devido ao tipo de comercialização empregada dificilmente se associa um determinado produto agrícola a sua “marca”. Essa característica é utilizada na Europa e Estados Unidos, com as embalagens indo diretamente aos pontos de venda, agregando assim a marca da empresa produtora aos produtos (BORDIN, 1998).

Segundo LIMA (1999), a conservação do morango também depende da embalagem utilizada, uma vez que, além da importância na apresentação do produto, ela é fundamental para proteção e manutenção da qualidade dos frutos contra danos mecânicos e desidratação e possibilita tanto o manuseio como o transporte adequado. As especificações de dimensões e tipo de embalagens para morangos são definidas pelo direcionamento do mercado funcionando como unidades de comercialização.

As embalagens mais comumente utilizadas para o armazenamento, transporte e comercialização dos produtos hortifrutícolas são: as de madeira, as de papelão, os sacos de juta e de malha plástica (SIGRIST, 1998).

O morango é comercializado em caixetas (cumbucas), de papelão ou poliestireno expandido, com capacidade entre 250 e 800g. Os frutos geralmente são dispostos em fileiras em uma ou duas camadas.

Para mercado mais nobre já se utiliza caixa plástica com tampa tipo *clam-shell*. A classificação é por tamanho, sendo “extra” acima de 14g e de “primeira”, de 6 a 14g. Para uso industrial os frutos são embalados soltos, em caixas de madeira com 5 kg (CATI, 1997).

3.11. Resfriamento

Os produtos frescos possuem uma atividade biológica, a qual se mantém pelo consumo de suas reservas de alimentos (respiração). A temperatura do produto é o maior determinante da taxa respiratória, na qual uma redução de 10°C na temperatura causa uma redução de 2 a 4 vezes na atividade respiratória. Assim, o bom gerenciamento da refrigeração e da temperatura são essenciais para uma lenta deterioração fisiológica dos produtos frescos (MITCHELL, 1992).

Para OLÍAS *et al.* (s.d.), toda redução de temperatura de conservação do produto hortifrutícola se traduz de imediato em um decréscimo da velocidade respiratória. O limite inferior para o progresso da atividade metabólica normal é o ponto de congelamento dos fluidos tisulares, que geralmente se encontram na faixa de atuação entre -2°C e 0°C. No caso do morango, essa faixa está definida entre -0,5 e 0°C, provendo uma menor atividade metabólica sem causar danos por frio nos frutos. É devido a essa estreita relação entre atividade metabólica e vida comercial útil, que se pode comprovar que a vida comercial útil dos morangos conservados a 10°C é aproximadamente $\frac{1}{4}$ da que se consegue quando se conserva a 0°C.

Desta forma, a deterioração dos frutos somente pode ser retardada por baixa temperatura durante o armazenamento, assegurada também no transporte e durante a comercialização (HARDENBURG *et al.*, 1986). O efeito desejável da baixa temperatura é a redução da respiração, o retardamento da maturação e o abaixamento da taxa de incidência de doenças pós-colheita (SIGRIST, 1998).

NEVES FILHO (1996), afirma que o mais conhecido e ineficiente método de resfriamento é o emprego de uma câmara frigorífica também conhecido como “room cooling”. O produto é disposto no seu interior de forma a permitir a circulação do ar ao redor da sala, tomando o caminho de menor resistência, não havendo incentivo para o ar entrar na embalagem e resfriar o produto quente. É por isso que a maioria dos produtos resfriados por condução demoram mais tempo para atingirem a temperatura ótima de armazenagem, tornando-o um processo muito lento (FRASER, 1991).

Para o uso constante da câmara como instrumento resfriador, deve-se ressaltar o efeito prejudicial do aumento da variação da temperatura provocado pela entrada de carga de produto, sobre o produto já resfriado, além do longo período para redução de sua temperatura.

Segundo LEAL *et al.* (1998), os produtos resfriados em câmaras frigoríficas devem ser tolerantes ao lento processo de remoção do calor, porque a maior parte do resfriamento do produto se dá por condução do calor através das paredes das embalagens. Além disso, devido ao fato da velocidade do ar necessária ao resfriamento ser maior do que aquela necessária para a estocagem, produtos armazenados em câmaras frigoríficas podem perder água mais rapidamente do que sob condições ideais de armazenagem. Esse é o caso típico do morango fresco o qual sofre a ação de fenômenos fisiológicos e patológicos responsáveis por um contínuo processo de deterioração. Usualmente não é estocado comercialmente a não ser por pequenos períodos, de quatro a seis dias no máximo. Mesmo assim, recomenda-se manter a temperatura entre 0° e 4°C. Após poucos dias de estocagem na câmara frigorífica, há perda de sua cor brilhante característica, ocorre o enrugamento da superfície e suas delicadas propriedades de aroma e paladar são reduzidas rapidamente (NEVES FILHO, 1997).

A seleção de um método apropriado de resfriamento depende da utilização futura do produto a ser submetido a tal processo. Para selecionar um método de resfriamento rápido, alguns fatores devem ser considerados, incluindo a temperatura do produto na colheita, a fisiologia do produto, a vida pós-colheita desejada, os custos de equipamentos e operações, bem como o resfriamento exigido (TALBOT *et al.*, 1991; MITCHELL, 1992).

O resfriamento rápido é o método usado após a colheita no qual o produto é rapidamente resfriado para que no menor tempo possível haja remoção do calor de campo deixando o produto a uma temperatura apropriada, permitindo que seja transportado com qualidade a longas distâncias (SARGENT *et al.*, 1992; WILL *et al.*, 1989). Esse método retarda o metabolismo e a respiração agindo conforme a maturação, amolecimento, mudança de textura e de coloração (ARIFIN *et al.*, 1988).

O resfriamento rápido geralmente representa uma manipulação controlada depois da colheita (MITCHELL, 1992; KAYS, 1991).

SPAGNOL (1989), define resfriamento rápido, como sendo uma operação na qual se resfriam rapidamente frutas e hortaliças até que estas alcancem temperaturas próximas às recomendadas para o transporte ou armazenamento.

Esse tempo está relacionado ao tempo para se resfriar comercialmente o produto, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{8}$ da diferença de temperatura entre o produto e o meio de resfriamento. No processo de

resfriamento de um produto, a superfície é resfriada mais rapidamente que o centro do produto (MOHSENIN, 1980).

O resfriamento rápido dos produtos se refere à rápida remoção do calor de campo do produto agrícola perecível após a colheita, antes que eles sejam transportados a longas distâncias ou armazenados. Essa operação é distinta da estocagem frigorífica, pois requer instalações e equipamentos especiais (BLEINROTH *et al.*, 1992).

Para MITCHELL (1992), os produtos agrícolas se adequam a quase todos os métodos de resfriamento, mas geralmente 1 ou 2 métodos provêm melhores resultados para determinado produto, devendo-se, porém, levar em conta algumas considerações:

Tempo de meio resfriamento: representa o tempo necessário para que a diferença entre a temperatura do produto e a do meio seja reduzida à metade, dado muito importante para saber quando deve-se finalizar o processo de resfriamento.

Tempo de $7/8$ de resfriamento: tem-se uma temperatura inicial do produto e se deseja baixar essa temperatura a uma outra pré-estabelecida, no caso do morango, 0°C. Então, da diferença entre a temperatura inicial e a que se deseja armazenar o produto, deve-se abaixar um referencial de temperatura medida no produto equivalente a $7/8$. Ao se conseguir tal marca pode-se considerar que a temperatura a ser abaixada foi o suficiente para a eficiência do resfriamento rápido.

O produto deve ser colhido nas horas mais frescas do dia, pois a temperatura da polpa será certamente menor.

A razão de resfriamento é influenciada pelo fluxo de massa. Um fluxo de ar cria uma turbulência e pode ajudar a remover o calor da superfície. A posição das embalagens e o acesso do ar frio podem afetar a taxa de resfriamento. É muito importante o alinhamento correto dos paletes e do tipo de caixa.

Segundo LEAL *et al.* (1998), existem atualmente desenvolvidos, quatro métodos de remoção rápida do calor dos produtos hortícolas, dependendo do meio refrigerante utilizado.

3.11.1. Água Gelada

Muito utilizado no resfriamento rápido de frutas e hortaliças devido a alta capacidade da água em remover o calor rapidamente da superfície quente do produto. Uma vantagem deste método é que além de não ocorrer perda de água do produto, pode-se controlar parcialmente o efeito do seu murchamento. O método é realizado através da imersão do produto em tanques ou por aspersão de água, permitindo um resfriamento mais rápido que o ar, em função do alto coeficiente de transferência de calor entre a superfície do produto e o filme de água (NEVES FILHO, 1996). Esse método, quando aplicado em produtos dispostos em caixas ou *bins*, permite uma uniformidade de temperatura.

BOYETTE *et al.*, (1992) discute algumas vantagens do resfriamento com água gelada comparando-o ao método do ar forçado, afirmando que é o método mais rápido de produção (cerca de 15 vezes mais rápido que o ar forçado). Entretanto, algumas desvantagens do uso da água gelada incluem a sensibilidade de alguns produtos à água e a possibilidade de aumentar a incidência de doenças através dessa. Além disto, esse método exige a utilização de embalagens apropriadas, tolerantes a água (KAYS, 1991).

Os testes realizados com morangos por FERREIRA (1994), podem confirmar que a utilização da água gelada como método de resfriamento rápido é mais eficaz que o ar forçado, o qual provoca maior perda de água. Os frutos resfriados com água gelada apresentaram menor perda de peso e em alguns casos até ganharam peso. Além disto, foram encontradas ainda algumas diferenças quanto a suscetibilidade a impactos. O mesmo autor comparando o método da água gelada com o ar forçado, destaca-se este último como melhor, principalmente durante a manipulação dos morangos na fase de serem embalados.

3.11.2. Gelo

Neste sistema, o gelo é formado e armazenado em um compartimento especial “banco”, antes que as frutas sejam introduzidas nas câmaras, requerendo-se, nesse caso, que o produto seja colocado em caixas plásticas ou de madeira, bem ventiladas. O ar é circulado contracorrente ao fluxo de água gelada, obtida do “banco de gelo” e através de um ventilador é direcionado às frutas, retornando a seguir, sendo novamente umidificado e resfriado.

SPAGNOL *et al.* (1992), citam o trabalho de THOMPSON, (1986), onde afirma que este sistema pode reduzir o tempo do resfriamento rápido em frutas em até 84%, com pouca perda de peso do produto.

3.11.3. Vácuo

Este método é baseado no efeito de resfriamento devido à evaporação da água, que utiliza uma câmara especial, onde a pressão interna é reduzida até que atinja um valor correspondente à temperatura de saturação desejada. Durante o processo de resfriamento tem-se duas fases:

(1) O produto é carregado na câmara à temperatura ambiente, que se mantém constante até que se alcance a pressão de saturação. Para reduzir o problema de perda de peso do produto, promove-se a aspersão de água sobre sua superfície, antes da entrada no resfriador.

(2) A partir desse ponto tem início a evaporação da água até que ocorra o resfriamento desejado (NEVES FILHO, 1996).

A taxa de resfriamento depende da relação entre a área e o volume do produto, a qual deve ser maior possível da velocidade com que é obtido o vácuo no interior da câmara, e das características do produto em relação à permeabilidade da água (HARDENBURG *et al.*, 1986).

Assim, como o resfriamento com água, sua utilização a vácuo são os mais rápidos métodos de resfriamento com um grande uso principalmente por produtos com a superfície rígida (KAYS, 1991).

3.11.4. Ar Forçado

Segundo NEVES FILHO (1996), esse método, consiste na distribuição dos paletes com o produto no interior da câmara, de forma a permitir a circulação de ar entre eles. O tempo de resfriamento é função das dimensões das caixas, da área das aberturas nessas caixas, e da distribuição dessas, além das características do produto. Geralmente, o produto é resfriado dentro de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{10}$ do tempo necessário para o resfriamento em câmaras frigoríficas, e duas a três vezes mais lento que o resfriamento rápido a água ou a vácuo. O fluxo de ar que passa pelo produto

pode causar séria perda de peso nas frutas e hortaliças, a menos que o ambiente esteja saturado de umidade (SIGRIST, 1983). Com esse sistema as frutas podem ser rapidamente resfriadas pela função de uma diferença de pressão do ar nas faces opostas das pilhas ou estrados dos recipientes. Essa diferença de pressão força o ar através dos contentores e carrega consigo o calor do produto. Nesse caso as próprias frutas recebem diretamente o fluxo de ar frio regulando-se a velocidade do resfriamento rápido em função do volume de ar. Segundo FRASER (1991), esse tipo de resfriamento possibilita que o ar passe pelo interior das embalagens devido a uma diferença de pressão criada pela alta capacidade do ventilador e pela ação convectiva, resfriando mais rapidamente assim.

Segundo FRASER (1991), comparando o resfriamento de paletes de morango utilizando o ar forçado com a câmara de resfriamento convencional. A temperatura no centro do palete totalmente monitorado. No resfriamento com ar forçado, a uma temperatura inicial de 20°C, o tempo gasto para baixar a temperatura dos frutos para 2°C ($\frac{7}{8}$ do calor de campo), no centro do palete, foi de 1,25 horas. Contudo, no resfriamento convencional (câmara fria) foram necessárias 3,75 horas somente para abaixar a temperatura do produto para 14°C, o que apresentou a remoção de apenas $\frac{1}{4}$ do calor de campo.

No resfriamento rápido com ar forçado, normalmente a descarga de ar frio no interior do espaço refrigerado é realizado por meio de ventiladores localizados no interior da câmara. Para se conseguir o contato direto do ar com o produto, é necessário que as caixas apresentem aberturas e sejam empilhadas de tal forma que o ar passe necessariamente por essas aberturas (GUILLOU, 1963).

KASMIRE *et al.* (1992) In: LEAL *et al.* (1998 b), afirmam que morangos não toleram umidade livre durante o resfriamento, isto é, o excesso de umidade no ambiente provocado pelo método de resfriamento pode causar problemas de doenças e injúrias nesse fruto. Portanto, os métodos de resfriamento por água gelada ou gelo não são recomendados para morango. Além disso, o morango requer resfriamento imediato após a colheita, o que descarta métodos do tipo resfriamento em câmaras ou salas frigoríficas. Resfriamento à vácuo é um método rápido de resfriamento, mas para alguns produtos foliares (alface, repolho, chicória, etc.) somente, não sendo adequado para frutos do tipo morango, cereja, amora e outros similares. Em vista disto, o método de resfriamento por ar forçado é, provavelmente, o método mais adequado

para morangos e similares (LEAL *et al.*, 1998b). Entretanto, para SARGENT (1998), a maior vantagem desse método é o fato de uma câmara frigorífica poder ser adaptada, aumentando o fluxo de ar através do produto, requerendo menor capital de investimento do que outros métodos. VIGNEAULT *et al.* (1994), afirmam que o resfriamento com ar forçado é mais barato quando comparado a água gelada e a vácuo e mais rápido comparando-o com o “room cooling”, mas demanda duas a três vezes mais tempo que o resfriamento à água ou a vácuo.

É muito importante para a conservação e a extensão do tempo de prateleira ou comercialização de produtos perecíveis, que seja estabelecida a cadeia do frio. Sem refrigeração, os produtos tem um tempo de comercialização mínimo. Esse tempo pode ser estendido propiciando-se um impacto favorável e importante para a comercialização (LEAL *et al.*, 1998).

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Introdução

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre a necessidade do resfriamento rápido para morangos, tendo como parâmetros de avaliação, a cor, o sabor, o brilho, o peso e a textura; itens esses muito pesquisados no Brasil, visando-se a ampliação das exportações para atender ao mercado europeu.

Desta maneira, foi avaliada um cultivar de morango (Campinas IAC-2712), considerada muito problemática para os agricultores e de grande aceitação pelo mercado. O intervalo de tempo entre a colheita e o início do resfriamento rápido, denominado Δt , foi de 2 horas após a colheita, período esse estabelecido a partir de um tempo mínimo de transporte até o laboratório e preparativos necessários, e também um tempo médio de 8 horas, representando um período no qual o produto é deixado no campo, sem tratamento algum, provocando o aumento do metabolismo dos frutos e diminuindo sua vida útil.

As embalagens utilizadas foram constituídas por uma caixa plástica com tampa, conhecida por *clam-shell*, ou também de papelão sem tampa, denominadas *primárias* sendo destinadas a conter diretamente os frutos que por sua vez estão contidas numa caixa de papelão denominada *secundária* a qual abriga quatro primárias. As embalagens e os tempos são considerados como as condições iniciais propostas para as futuras avaliações de qualidade durante a estocagem frigorificada dos frutos.

Os dados das características químicas e físicas, assim como os da análise sensorial foram obtidos em laboratórios com o cultivar “Campinas” – IAC 2712, estando os frutos em suas devidas embalagens fornecidos pelos agricultores da região de Campinas, suficientemente próximo ao local de trabalho, dada a grande sensibilidade do cultivar quando transportado a longas distâncias, principalmente quando colhidos com a maturação desejada nesta pesquisa. Houve um acompanhamento da colheita, embalagem e transporte dos frutos.

Ao longo da pesquisa, durante a armazenagem, os morangos foram avaliados quanto aos parâmetros de perda de peso, sólidos solúveis, acidez total, coloração, firmeza, brilho e sabor. As determinações desses parâmetros foram feitas a cada dois dias, durante duas semanas.

Os resultados foram processados a fim de se obter as melhores combinações entre tempo e embalagem, e se a diferença é significativa ao nível de 5% entre essas combinações de tratamentos, através da comparação da média das duplicatas das amostras.

Todas as atividades desta pesquisa foram realizadas no Laboratório de Termodinâmica e Energia, Departamento de Construções Rurais (DCONRU), da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

A metodologia utilizada em cada experimento é descrita detalhadamente a seguir.

4.2. Material

4.2.1. Produto

Foram utilizados morangos do cultivar “Campinas” – IAC 2712, diretamente do campo de produção, oferecidos pela empresa “Izaías Juliato e outros”, proprietários do Sítio São Francisco, Bairro Morro das Pedras, município de Valinhos, SP, totalizando uma distância de 10km entre propriedade/laboratório.

O cultivar estudado “Campinas” (IAC-2712), foi selecionada nos testes preliminares para realização do presente trabalho de pesquisa, por se tratar de uma das variedades que mais apresenta problemas quanto a sua vida útil, induzindo o produtor a uma rápida comercialização ou a sua perda total.

Os frutos foram colhidos com maturação adequada aos nossos interesses ($3/4$ maduro), condições nas quais os frutos são entregues no período de pico da produção.

Depois de embalados, os morangos foram transportados em carro fechado (Perua Kombi), como normalmente os frutos desse produtor são distribuídos, até o Laboratório de trabalho.

Os frutos utilizados na pesquisa não eram de primeira florada, pois a colheita já havia sido iniciada no final do mês de maio e os experimentos finais foram conduzidos nos meses de outubro e novembro.

4.2.2. Embalagens

Foram estudadas as embalagens normalmente encontradas no mercado: plástica com tampa ou *clam-shell* e de papelão (Figuras 2 e 3).

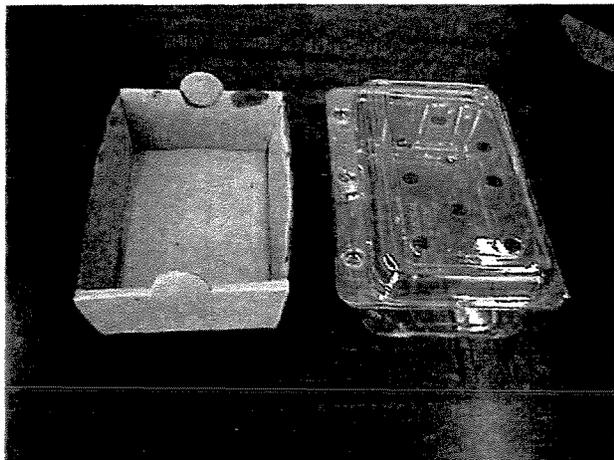


Figura 2: Embalagem de papelão e de plástico.



Figura 3: Morangos acondicionados em embalagem de papelão e de plástico.

Ambas as caixas (papelão/plástico com tampa), foram denominadas de *primárias*, num conjunto de quatro, colocadas dentro de outra maior, de papelão denominada *caixa secundária* (Figura 4).

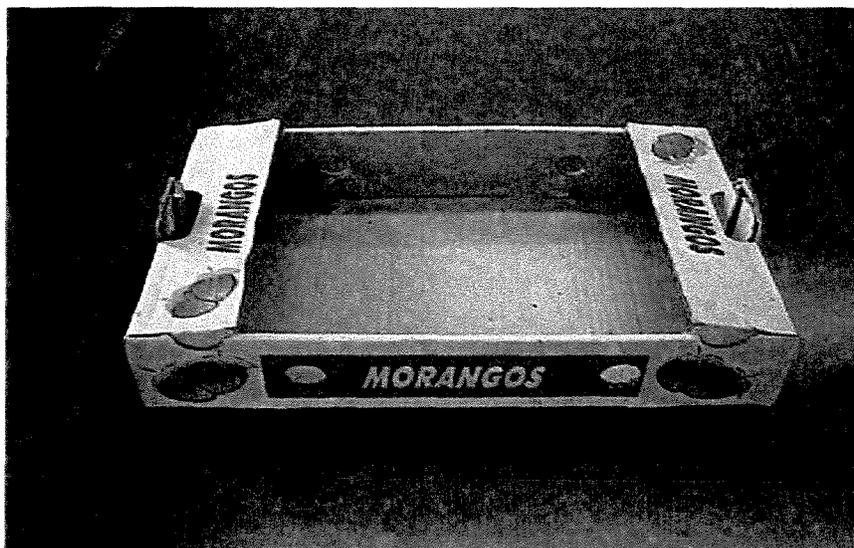


Figura 4: Embalagem secundária de papelão.

As embalagens primárias possuem dimensões aproximadas de 182 x 127 x 70 mm e as secundárias, acondicionando quatro primárias, com dimensões aproximadas de 365 x 255 x 75 mm (Figuras 5 e 6).

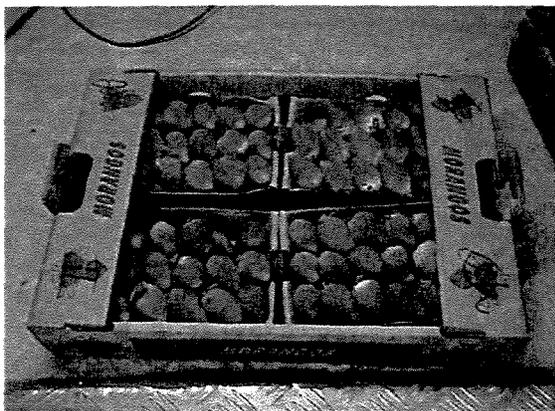


Figura 5: Embalagem de papelão.

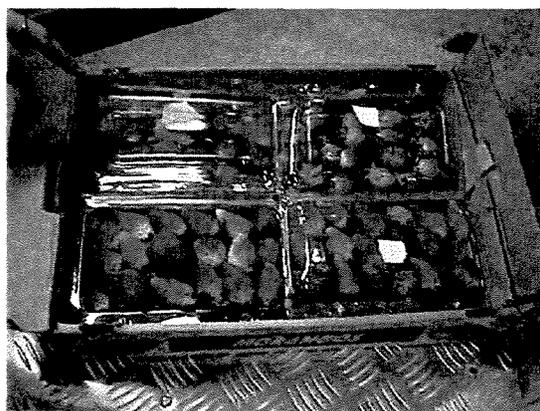


Figura 6: Embalagem plástica.

Foram necessárias 10 caixas secundárias para a formação do túnel de resfriamento (Figura 7) e condução do experimento e para cada tempo de entrada do produto para o resfriamento rápido, totalizando 40 caixas secundárias. Tem-se assim (Quadro 1):

- 10 caixas secundárias para o resfriamento rápido 2 horas após a colheita e caixa de papelão,
- 10 caixas secundárias para o resfriamento rápido 2 horas após a colheita e caixa plástica,
- 10 caixas secundárias para o resfriamento rápido 8 horas após a colheita e caixa de papelão,
- 10 caixas secundárias para o resfriamento rápido 8 horas após a colheita e caixa plástica.

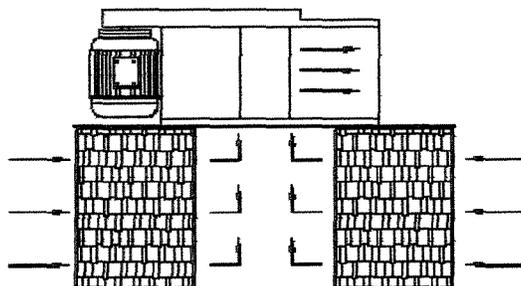


Figura 7: Túnel de resfriamento.

4.2.3. Câmara Fria

A câmara (Figura 8), a qual recebeu os frutos para o resfriamento rápido foi a mesma que os acondicionou durante o armazenamento. Situada no Laboratório de Termodinâmica e Energia/FEAGRI-UNICAMP, em local coberto e fechado, possui dimensões aproximadas de 4,00 x 3,00 x 3,00 m, com capacidade total de 33m³ (Figura 9). Essa câmara é do tipo pré-fabricada, da empresa São Rafael, tendo as paredes e tetos elaboradas manualmente para serem montadas no local desejado. O piso é de concreto, com isolamento adequado para que não sofra influências externas.

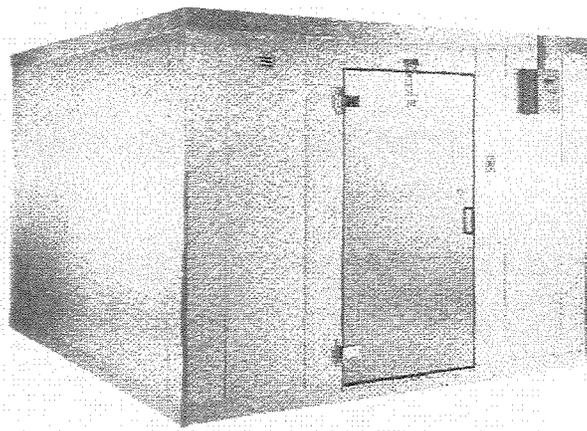


Figura 8: Câmara de resfriamento.

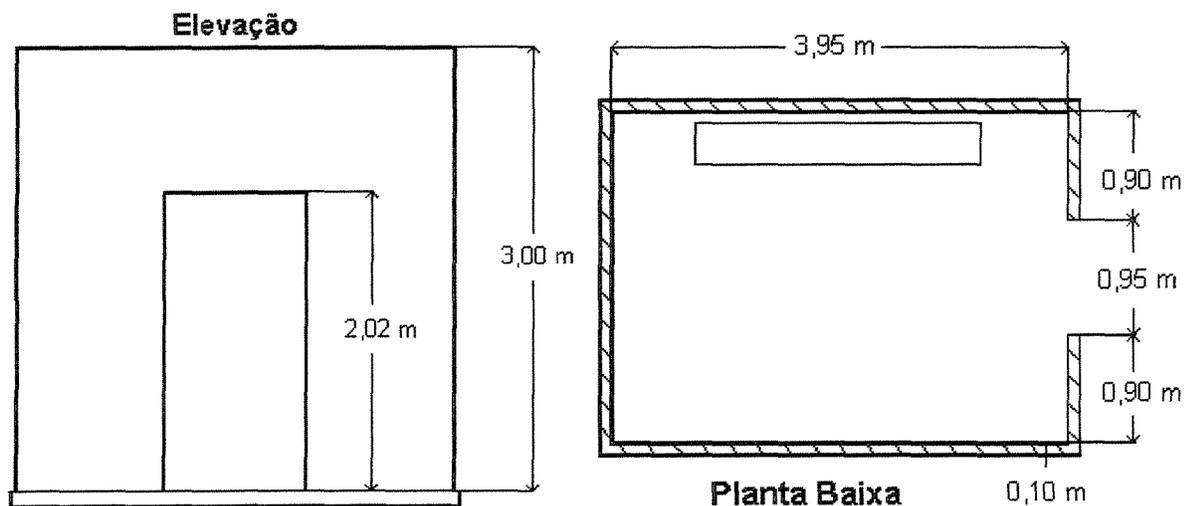


Figura 9: Dimensões da câmara de resfriamento.

O equipamento frigorífico é composto de: evaporador McQuay, modelo FAB 10 RT, com 4 ventiladores e com painel de controle Every Control modelo EC 130. A unidade condensadora, possui um compressor hermético e condensador a ar McQuay, modelo HSAD A225.

A iluminação da câmara é conseguida por meio de duas luminárias incandescentes tipo tartaruga, com 60W cada.

A porta da câmara possui a dimensão de 2 x 1 m, com sistema de aquecimento para evitar condensação.

O monitoramento da temperatura a 0°C foi feito automaticamente através de termostatos localizados no interior da câmara.

A impossibilidade da instalação de um sistema de umidificação dentro da câmara, obrigou a se fazer medição manual da umidade dentro da mesma durante o decorrer do experimento por meio de termômetros de bulbo seco e bulbo úmido.

O ar forçado, utilizado apenas para realizar o resfriamento rápido dos frutos até atingir $\frac{7}{8}$ da diferença da temperatura inicial e final do produto, foi conseguido com a utilização de um ventilador centrífugo, colocado no centro da câmara de armazenagem frigorificada. Esse procedimento visa baixar a temperatura do produto até esse nível o que torna o método viável sem desperdícios de energia.

Para realização do processo com ar forçado foi necessário um ventilador com as seguinte especificações:

Motor – assíncrono trifásico ARNO; 1,5 CV; 6,0 Hz; 1730 RPM; ventilador do tipo centrífugo, funcionando como exaustor, com pás retas para trás de simples aspiração. Esse ventilador não foi dimensionado especificamente para resfriamento do morango, mas atende as necessidades desejadas à quantidade de produto existente a ser submetida ao resfriamento rápido.

Túnel Californiano – as caixas foram acondicionadas em ambos os lados do ventilador (a frente e ao lado), deixando a sessão de entrada do ventilador livre para aspirar o ar, funcionando como um exaustor, o qual cria uma pressão de ar inferior no interior do túnel. As caixas foram cobertas com uma lona plástica, forçando a entrada de ar frio da câmara pelas

aberturas laterais das embalagens e assim o ar foi forçado a passar pelo morango para a zona de baixa pressão, promovendo então seu resfriamento.

Quadro 1: Tratamentos realizados no interior da câmara com morangos: Campinas – IAC 2712.

Tratamento	Δt	Embalagem
1	2 h após colheita	Papelão
2	2 h após colheita	Plástica
3	8 h após colheita	Papelão
4	8 h após colheita	Plástica

4.2.4. Sistema de Aquisição de Dados

A medição da temperatura na polpa dos frutos, nas embalagens e na câmara fria foi monitorada por um sistema de aquisição de dados composto de computador Pentium II, MMX 333; duas placas de condicionamento de sinais analógico-digital MCS1000V2 e um conversor de sinais CAD 12/32 com 32 canais de aquisição, trabalhando com termopares cobre - constantan, tipo “T”. Foram empregados vinte e um canais para aquisição dos dados de cada tratamento, sendo que dois monitoravam a temperatura da câmara, seis a polpa do fruto, seis a superfície dos frutos e cinco a temperatura das embalagens (primárias e secundárias).

4.2.5. Avaliação Química e Física

4.2.5.1. Textura

A textura é obtida a partir da determinação do *firmness*, por meio de um instrumento desenvolvido por Magness-Taylor e por isso denominado de Magness-Taylor Pressure Tester, modelo LOYD TA 500, Fabricado pela LOYD, empresa de origem inglesa, é munido de sistema informatizado de aquisição e análise de dados. Emprega uma célula de carga de 50 N, mais apropriada para esse tipo de fruto (Figura 10).

Os dados foram reunidos em médias por tratamento e os resultados expressos em Newtons.

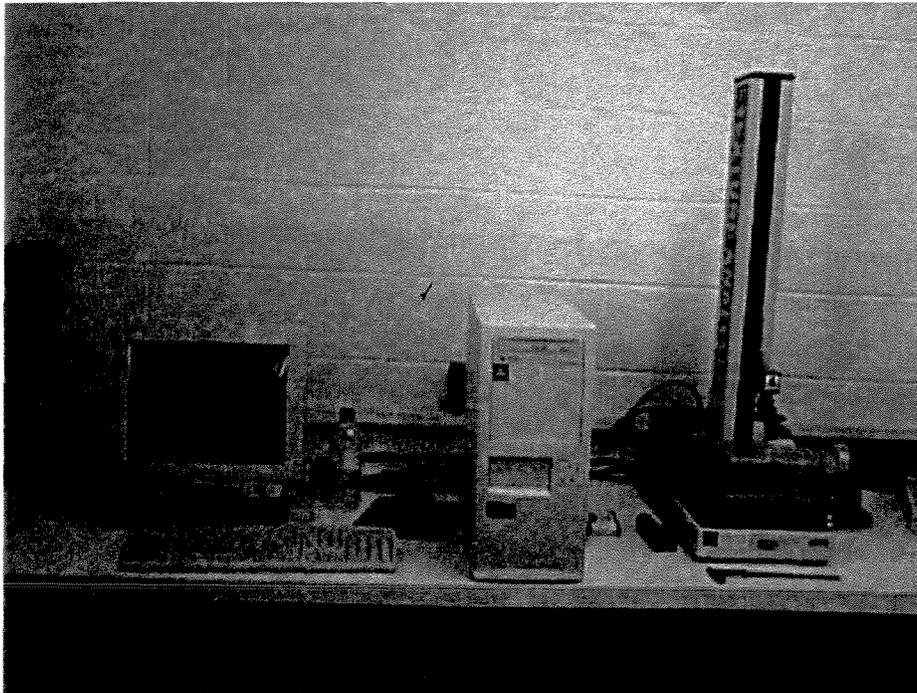


Figura 10: Texturômetro LOYD.

Um paquímetro foi utilizado para determinação do calibre de cada frutos, empregando-se 20% desse valor para sua compressão.

4.2.5.2. Acidez Total

A acidez total foi determinada por meio de um potenciômetro “pHmetro Microprocessos Bench-top HI 8417”, fabricado pela empresa italiana Hanna Instruments. Além do pHmetro, foram necessários outros materiais como: pipeta volumétrica de 10 ml, bureta de 25 cm com divisões de 0,1 ml, erlenmeyer de 250 ml, solução de hidróxido de sódio 0,100 N, para a realização do teste de acidez cujo procedimento é descrito por CARVALHO *et al.* (1990).

4.2.5.3. Sólidos Solúveis

Esta determinação está fundamentada na leitura refratométrica direta dos graus Brix da amostra a 20°C. Para isso foi utilizado um refratômetro Abbe Refractometer, LAMBDA, modelo 2WAJ, da empresa Shangai Optical Instrument de Hong Kong, com escala de graus Brix e divisões de 0,1°.

Tanto para a medição da acidez total como para a determinação do grau Brix, foi necessário a extração do suco de um béquer de 250ml cheio de frutos de morango sem o cálice e com a ajuda de um aparelho de centrifugação comum, da marca WALITA®, modelo doméstico.

4.2.5.4. Peso

O peso, o qual realmente se refere a massa do produto, foi medido em balança analítica MARTE, modelo AS 1000C, carga máxima 1000g, carga mínima 0,5g, precisão 0,01g, expressando-se o resultado em gramas.

4.2.6. Ocorrência de Doenças

Os frutos foram examinados e avaliados quanto ao aparecimento de doenças que mais infestam o morango durante o armazenamento.

Essas inspeções foram feitas a cada 2 dias, a partir do dia 0 (zero), antes de serem submetidos ao resfriamento rápido até o final do experimento. Algumas doenças como antracnose, "podridão aquosa" e "mofo cinzento" são muito comuns nesse produto quando existem condições propícias para seu desenvolvimento. No caso do aparecimento de doenças essas foram identificadas no próprio Laboratório de Termodinâmica e Energia da FEAGRI/UNICAMP.

4.2.7. Análise Sensorial

Nesta fase os morangos foram avaliados subjetivamente quanto à cor, brilho, textura e sabor. As avaliações das amostras foram realizadas por uma equipe de dez provadores. Os frutos foram retirados da câmara com duas horas de antecedência, em todos os dias de avaliação. As amostras foram servidas sobre folhas brancas sendo cada fruto identificado e posteriormente colocados em uma mesa com iluminação fluorescente, do Laboratório de Energia e Termodinâmica da FEAGRI/UNICAMP. Os atributos de qualidade, devido à complexidade inerente aos mesmos, são geralmente avaliados de maneira mais adequada por meio de análise sensorial. Os modelos de fichas utilizadas nessas avaliações estão apresentadas logo a seguir.

4.3. Métodos

4.3.1. Produto

Os morangos foram cuidadosamente colhidos nas horas mais frescas do dia (7 horas da manhã) para evitar que sofressem algum tipo de fermento e ocorresse aumento de metabolismo gerado pelo calor do sol e conseqüentemente diminuir a vida útil dos frutos. Os frutos estavam suficientemente maduros ($\frac{3}{4}$ maduros – ou seja, estando com $\frac{3}{4}$ do que se denominou por fruto, com coloração avermelhada típica da variedade a ser estudada) para comercialização *in natura*, devendo apresentar as seguintes características:

- Inteiros e sem ferimentos;
- Com cálice verde;
- Sadios (frutos que não estejam atacados por "podridões" ou com alterações que sejam impróprias ao consumo);
- Limpos, praticamente isentos de materiais estranhos visíveis;
- Frescos, mas não lavados;
- Desprovidos de umidade exterior anormal;
- Desprovidos de odores estranhos.

Os frutos eram provenientes de um mesmo campo de produção para se aproximar o máximo possível de uma padronização de suas características físicas.

Os morangos foram colhidos em cestas e depois embalados em caixas primárias de plástico ou papelão, conforme o tratamento, com capacidade para duas camadas de fruto imediatamente. As embalagens primárias foram acondicionadas nas caixas secundárias e colocadas em abrigos nas proximidades do campo de produção até finalizarem a colheita. Em seguida foram transportados para o Laboratório.

4.3.2. Embalagens

Os morangos colocados em ambas as caixas (papelão – Figura 5 e plástica – Figura 6), foram arranjadas em caixas de papelão maiores (secundárias). Depois de arrumadas seguiram para o Laboratório de Energia e Termodinâmica – FEAGRI/UNICAMP, protegidas do recebimento direto dos raios solares (como convencionalmente se faz nesse estabelecimento durante o processo de distribuição da mercadoria).

4.3.3. Câmara Fria

A proximidade da zona de colheita e a localização da câmara fria é propositadamente pequena. Esta proximidade é fundamental para que o tempo médio entre a colheita e a entrada do produto na câmara não ultrapasse o período máximo de duas horas.

Sendo assim, os frutos tiveram diferentes intervalos de tempo entre a colheita e acondicionamento na câmara: duas horas e oito horas.

A temperatura dentro da câmara durante os experimentos foi de $0^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, sendo a mais baixa suportável pelos morangos sem causar danos pelo frio, conforme sugerido na bibliografia.

Foi empregado ar forçado para resfriamento rápido, devido à necessidade da remoção do “calor de campo”. As caixas secundárias foram empilhadas numa disposição de cinco em cada lado, num total de 10 caixas, sendo o suficiente para a realização dos testes futuros.

A velocidade do ar succionado pelas aberturas laterais das embalagens, o qual passa pelo produto e em seguida é insuflado pelo ventilador a uma velocidade aproximada de 0,8m/s mantida tanto durante o tratamento como nas repetições.

Para que esse método seja realmente eficiente há necessidade de que o ar passe pelas aberturas laterais das embalagens. Sendo assim, as caixas foram posicionadas de forma adequada, com as aberturas laterais dispostas no lado de fora, formando um túnel, denominado "Túnel Californiano", ou seja, caixas à frente e na lateral da abertura do ventilador, deixando toda sua abertura sem apresentar nenhuma resistência para a passagem do ar quente aspirado. O túnel, em sua parte superior e frontal, é coberto com uma lona térmica forçando a passagem do ar frio apenas pela lateral das caixas. O empilhamento das caixas deve apresentar números iguais em ambos os lados do túnel para que a pressão seja uniforme.

A umidade relativa foi monitorada durante o decorrer do experimento através de um psicrômetro manual composto de um termômetro de bulbo seco e outro de bulbo úmido e posteriormente os valores obtidos foram transferidos à carta psicrométrica. O monitoramento da umidade foi mantido de acordo com a recomendação. O resultado do monitoramento mostrou que a umidade no interior da câmara foi mantida aproximadamente a 70%. Além das amostras dentro da câmara, para efeito de comparação a respeito da eficiência do uso da tecnologia do frio, cuidou-se para que uma amostra fosse acondicionada à temperatura ambiente, até quando suportaram as condições de armazenagem à temperatura ambiente (TESTEMUNHA) sem resfriamento rápido.

4.3.4. Sistema de Aquisição de Dados

Os termopares mediram a temperatura no interior da câmara, no centro e na superfície do produto e também nas embalagens, a fim de gerar a curva de resfriamento nesse período. Durante o resfriamento foram feitas medições na polpa do produto, o mais próximo possível de seu centro, penetrando o termopar no fruto.

Também foi registrada a temperatura na superfície do fruto, dispondo os termopares entre um e outro fruto, garantindo assim a seu posicionamento. Da mesma forma foram tomadas as temperaturas nas caixas primárias e secundárias. Em todas estas medições, ficou padronizado que fossem registradas as temperaturas sempre nas caixas do centro (terceira

caixa, na vertical), local mais crítico, pois representa exatamente o centro da pilha. O intervalo de aquisição de temperatura foi de 10 segundos. O computador instalado para a aquisição dos dados estava situado ao lado da câmara convertendo os dados de mV a graus centígrados pelo software AQDADOS, utilizando como referência a temperatura da junta fria medida pela CAD 12/32.

4.3.5. Avaliação Química e Física

Para realização desses testes foram selecionados frutos com as condições mínimas exigidas e descritas anteriormente, levando em conta sua maturação com o decorrer do tempo. Todos os testes exceto a monitoração da temperatura, foram realizados a cada dois dias.

4.3.5.1. Textura

Foi utilizado uma população de 10 frutos, os quais apresentavam o mesmo grau de maturação, e dentro do possível frutos de tamanhos próximos. Para dar início à análise, o calibre do fruto foi medido considerando sua altura por meio de um paquímetro, utilizando apenas duas casas decimais. Daí foram colocados na prensa de ensaio mantendo a mesma posição da medição do calibre. Foi exercida uma força para comprimir, de 20% de seu calibre, medido inicialmente. É importante notar que cada novo fruto estava associado a uma força diferente (20% do calibre), aplicada a ele, para determinar a força de resistência a compressão. Os morangos avaliados eram inteiros e sadios, com o pedúnculo verde, estando o mais próximo possível das condições normais de consumo.

4.3.5.2. Acidez Total

Para iniciar a análise, pipetou-se 10g do suco do produto (obtido da centrifugação dos morangos; apenas o que se denomina por fruto; em uma quantidade que correspondiam a um béquer de 250ml cheio de frutos), juntando-se 90ml de água destilada. Após calibrar o aparelho, foi imergido o eletrodo no béquer que contém a amostra e titular com a solução de hidróxido de sódio até $\text{pH} = 8,1$. O resultado é expresso em gramas de ácido cítrico/100 ml ou 100 g, pois esse é o ácido predominante no morango. Esse método foi descrito por CARVALHO *et al.*, (1990).

Foram realizadas 2 medidas do pH de cada no pHmetro, para obtenção da média entre elas, além da duplicata convencionalmente utilizada em todo experimento. A acidez total em alimentos é resultante dos ácidos orgânicos do próprio alimento, dos adicionados intencionalmente durante o processo e daqueles resultantes de alterações químicas do produto. Portanto, a determinação da acidez total fornece dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação do alimento.

4.3.5.3. Sólidos Solúveis

Essa leitura visa determinar o teor de sólidos solúveis, expresso em °Brix dos alimentos. O procedimento é muito simples, resumindo-se em colocar uma ou duas gotas de amostra entre os prismas do refratômetro, aguardar um minuto e proceder a leitura. Caso a leitura seja feita a 20°C e a acidez total da amostra seja inferior a 1%, o valor do °Brix é encontrado por leitura direta. Se a leitura refratométrica for feita à temperatura diferente de 20°C, deve-se fazer a correção do °Brix em função desta com o auxílio de tabela. Segundo CARVALHO *et al.* (1990), caso o produto apresente teor de acidez igual ou superior a 1%, a correção do °Brix deve ser feita em função da acidez total. O processo exige calibração do aparelho com água destilada e o resultado é expresso em °Brix.

4.3.5.4. Peso

A perda de peso (massa) durante o processo de estocagem dos frutos foi devidamente monitorada, pesando-se os frutos dentro das embalagens primárias, contudo sempre as mesmas caixas. Foi pesada a quantidade de caixas correspondentes a 10% do lote total de cada experimento (quatro caixas primárias) e obtida a média entre elas.

4.3.6. Ocorrência de Doenças

Os frutos foram examinados e avaliados quanto à sintomas das doenças importantes que mais afetam os frutos do morango durante o armazenamento. As análises relativas a essa verificação foram feitas a cada 2 dias, iniciando-se no dia 0 (zero), antes de serem submetidos ao resfriamento rápido, até o final do experimento, identificando o aparecimento ou não das doenças e quais as características específicas de cada agente causal. Conforme anteriormente enfatizado doenças como “antracnose”, “podridão aquosa” (Figura 11) e “mofo cinzento” (Figura 12) são muito comuns em morango armazenado. As doenças foram identificadas no próprio laboratório de Energia e Termodinâmica da UNICAMP.



Figura 11: Podridão aquosa (*Rhizopus*).

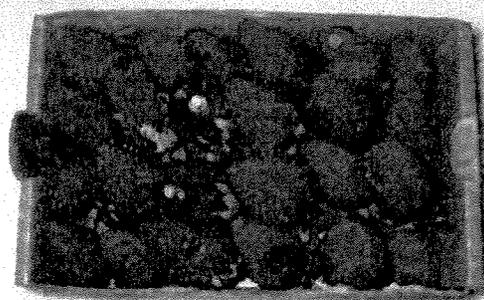


Figura 12: Mofo cinzento (*Botrytis cinerea*).

4.3.7. Análise Sensorial

As amostras dos lotes de morango estudados foram avaliadas subjetivamente quanto à textura, cor, brilho e sabor. As avaliações foram realizadas a cada dois dias por uma equipe de dez provadores. Tais atributos, por sua complexidade, é aconselhável, segundo (BERBARI, 1992) que fossem avaliados através das Fichas de análise sensorial (Quadro 2).

Os frutos foram retirados da câmara de armazenagem ao acaso e colocados em cima de uma folha branca e organizados segundo sua identificação, para facilitar o preenchimento da ficha em questão. Como procedimento da análise sensorial, os frutos foram previamente retirados da câmara para que os provadores avaliassem suas características livre de influências que pudessem induzir o provador a considerá-lo mais ou menos apreciáveis, tal como a refrigeração. As fichas de avaliação para a análise sensorial foram baseadas nos testes

realizados por BERBARI (1992). Os provadores a partir da avaliação de seu material atribuía uma nota, a qual era registrada na ficha. Para a avaliação da cor e brilho os avaliadores poderiam se basear em um todo, como no caso de uma caixa de papelão e outra de plástico com tampa posicionadas no centro da mesa para avaliação. Para textura e sabor os avaliadores receberam um fruto individualmente, devido ao número restrito de material e também para evitar que manipulassem os demais frutos, gerando injúrias, podendo mascarar os resultados das avaliações posteriores.

Quadro 2: Fichas de avaliação sensorial.

Nome: _____

Data: _____

Variedade: Campinas
 _____ h após a colheita

TEXTURA

Indique a textura de cada amostra de acordo com a escala abaixo.

Amostras	Muito Mole	Mole		Nem Mole Nem Duro			Firme		Muito Firme	Observações
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
s/ refrigeração: PAPELÃO										
PLÁSTICO										
Ar forçado: PAPELÃO										
PLÁSTICO										

SABOR

Indique a intensidade do sabor de cada amostra de acordo com a escala abaixo

Amostras	Sem Sabor	Sabor Fraco		Sabor Moderado			Sabor Intenso		Sabor Muito Intenso	Observações
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
s/ refrigeração: PAPELÃO										
PLÁSTICO										
Ar forçado: PAPELÃO										
PLÁSTICO										

COR

Indique a intensidade da cor de cada amostra de acordo com a escala abaixo

Amostras	Sem Cor	Cor Fraca		Cor Moderada			Cor Intensa		Cor Muito Intensa	Observações
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
s/ refrigeração: PAPELÃO										
PLÁSTICO										
Ar forçado: PAPELÃO										
PLÁSTICO										

BRILHO

Indique o brilho de cada amostra de acordo com a escala abaixo.

Amostras	Sem Brilho	Pouco Brilhante		Nem Brilho Nem Sem Brilho			Brilhante		Muito Brilhante	Observações
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
s/ refrigeração: PAPELÃO										
PLÁSTICO										
Ar forçado: PAPELÃO										
PLÁSTICO										

4.3.8. Análise Estatística

4.3.8.1. Fatores Quantitativos

Elegeram-se o **esquema fatorial completo, delineamento inteiramente casualizado** para a análise dos resultados. Os resultados das análises de variância foram interpretados a partir da ANOVA e do teste de Fisher LSD (diferença mínima significativa), para comparação das médias, ao nível de 5% de significância, através do software S-Plus 4.5, o qual obtendo variação entre os tratamentos existente no material experimental, atribuindo as causas conhecidas e independentes e na qualidade residual de origem desconhecida. Sendo assim, a análise da variância fornece dados que permitem afirmar se determinados fatores ou combinações entre fatores exercem influência significativa em algum parâmetro estudado. Utilizou-se a análise estatística para a comparação dos tratamentos iniciais (tempo de entrada para o resfriamento rápido e embalagens), ao longo do período de armazenagem do produto na câmara fria durante duas semanas. Os dados analisados possibilitaram a construção dos gráficos dos parâmetros medidos em cada situação inicial durante a armazenagem, possibilitando a visualização da evolução das características estudadas nas análises químicas, físicas e sensoriais.

4.3.8.2. Fatores Qualitativos (Análise Sensorial)

Para analisar os fatores qualitativos do experimento, foi utilizado o teste de significância das diferenças entre as proporções comparadas (Qui-quadrado), ao nível de 5% .

4.3.8.3. Resfriamento

Para o cálculo da área sobre o gráfico do resfriamento rápido com ar forçado foi utilizada a fórmula dos trapézios como meio de aproximação, segundo recomenda (SAFADI *et al.*, 1995).

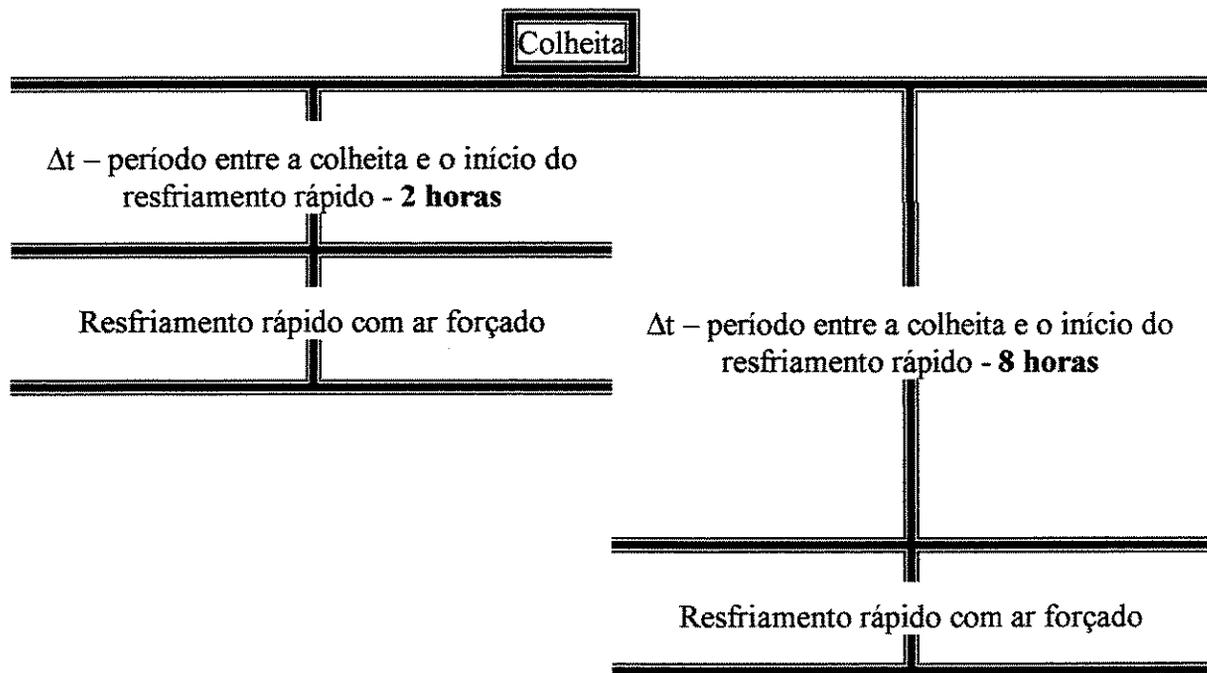
Após a determinação da área ocupada para cada tratamento no período do resfriamento rápido, foi utilizado o teste de Análise de Variância (Anova) para determinação das diferenças entre os tratamentos ao nível de 5% de significância.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho realizado visou a utilização de uma tecnologia nova neste setor de produtos perecíveis, trazendo benefícios principalmente aos produtores que poderão evitar perdas garantindo a qualidade de seus produtos. Por isso, este estudo tem como ponto central a utilização do frio associado ao sistema de resfriamento rápido com ar forçado, fazendo com que as perdas dos produtos, principalmente nas épocas mais quentes sejam reduzidas além de poderem atingir novos centros comerciais.

A presente pesquisa procurou mostrar as vantagens da utilização do método de resfriamento rápido com ar forçado quando empregado em morangos para o consumo *in natura*, sendo sua melhor utilização quando associados a diferentes embalagens, mostrando também a maneira mais eficiente de se obter resultados almejados.

O organograma a baixo representa as etapas iniciais do trabalho que vão desde a colheita até o final do resfriamento rápido com ar forçado, isto para que se possa verificar se o tempo (Δt) pode influenciar a qualidade final do produto.



5.1. Peso

O peso do fruto é uma das características de maior importância agrônômica na produção comercial do morango, pois está diretamente relacionada ao seu tamanho (CONTI, 1998). Contudo, para este trabalho foi medido o quanto de massa foi perdida durante o processo de resfriamento rápido com ar forçado e também ao longo do tempo de armazenagem dentro da câmara frigorífica.

Desta forma, os resultados obtidos durante o processo de resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, mostraram que morangos quando acondicionados em caixas de papelão sem nenhum tipo de proteção em sua parte superior perdem 1% e 2% de seu peso respectivamente. Contudo, já os frutos que estavam acondicionados em embalagens de plástico com tampa, não apresentaram perda no peso durante este período, colocando a embalagem plástica como sendo a que responde melhor durante este tratamento inicial.

O estudo do efeito da perda de peso dentro de cada embalagem durante o período de armazenagem em função de um Δt igual a 2 horas, apresentaram diferenças significativas, sendo mostradas no Quadro 3, que se segue:

Quadro 3: Efeito da perda de peso, no armazenamento a frio, com Δt de 2 horas após a colheita.

Dias	Embalagens	
	Papelão (g)	Plástico (g)
0	377	372
1	376	371
2	370	369
3	365	367
4	360	366
5	354	364
Perda Total	6%	2%

Ao final do tempo de armazenagem os frutos acondicionados em embalagem plástica apresentaram uma perda de 2% de seu peso inicial, enquanto que os acondicionados em embalagem de papelão perderam cerca de 6% de seu peso em relação ao inicial. Dessa forma, a embalagem de papelão durante o período de armazenagem frigorificada favoreceu a perda de

peso dos frutos, sendo três vezes maior do que os que estavam acondicionados em embalagens plásticas, resultados que podem ser verificados nos gráficos da Figura 15 e 16.

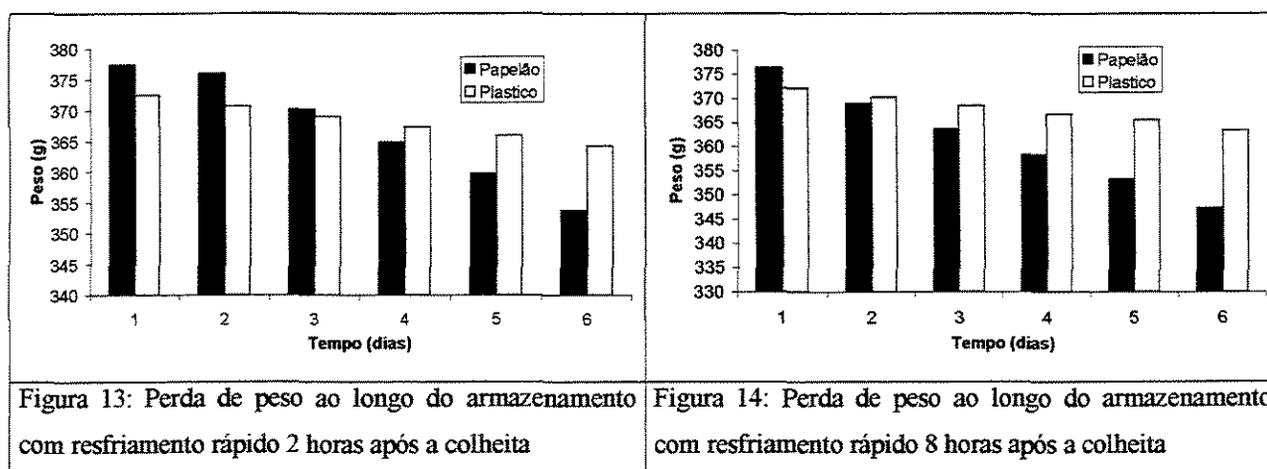
No estudo realizado para Δt de 8 horas a embalagem de papelão apresentou diferença significativa, com uma perda de 8% em relação ao último dia de armazenagem. Já no tratamento com embalagem plástica houve uma perda de 2%, não apresentando diferença ao nível de significância de 5%, resultados que podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4: Efeito da perda de peso, no armazenamento a frio, com Δt de 8 horas após a colheita.

Dias	Embalagens	
	Papelão (g)	Plástico (g)
0	376	372
1	369	370
2	364	369
3	358	367
4	353	366
5	347	363
Perda Total	8%	2%

Nessa situação, a perda de peso foi 4 vezes maior nos frutos da embalagem de papelão do que na de plástico, pois apresentaram níveis de perda de 8% e 2% respectivamente, entre o primeiro e o último dia de armazenagem frigorificada.

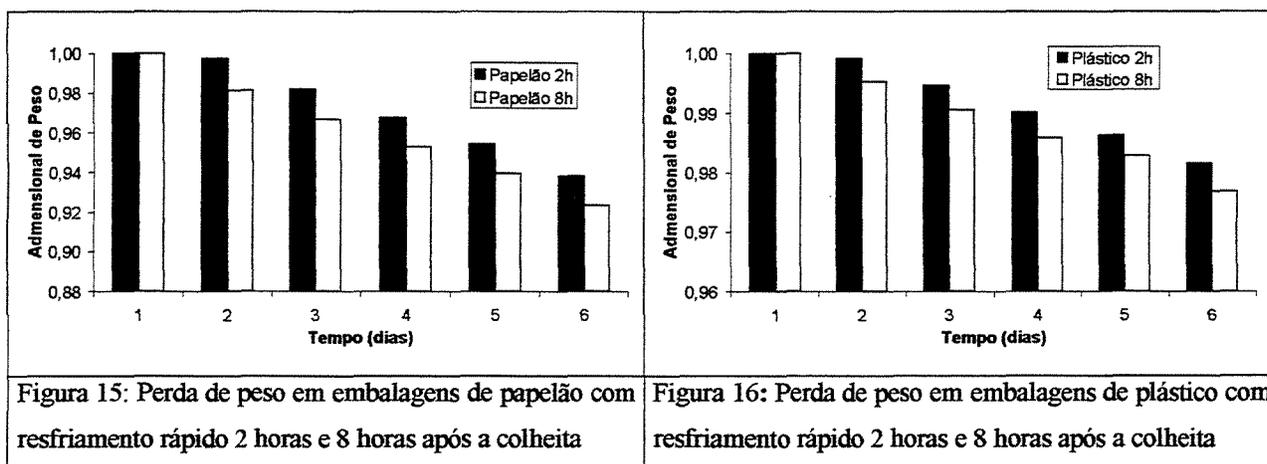
A seguir seguem os gráficos das perdas de peso durante a armazenagem nas embalagens plástica e de papelão (Figura 13 e 14).



A partir dessas figuras (13 e 14), pode-se verificar que os frutos acondicionados na embalagem de papelão perderam significativamente seu peso durante a estocagem, porém os que estavam nas embalagens plástica apresentaram uma perda não tão acentuada quanto na embalagem de papelão ao longo do tempo, devido a proteção que a embalagem plástica oferece pelo fato de possuir tampa, não permitindo assim que, o ar frio e seco passe diretamente pelos frutos carregando com ele não somente o calor, mas também a água contida nos frutos.

Para se ter uma melhor visão quanto a perda de peso dos frutos durante a armazenagem frigorificada, foi feita a adimensionalização dos resultados obtidos durante os dias de a análise, o que reafirma a grande perda de peso dos morangos quando acondicionados em embalagens de papelão que não possuem nenhum tipo de tampa para proteção dos frutos, os resultados podem ser verificados nos gráfico das figuras (15 e 16) logo a seguir.

Nesses gráficos também são observados a diferença entre a perda de peso dos frutos quanto ao tratamento de resfriamento rápido com ar forçado, que receberam inicialmente.

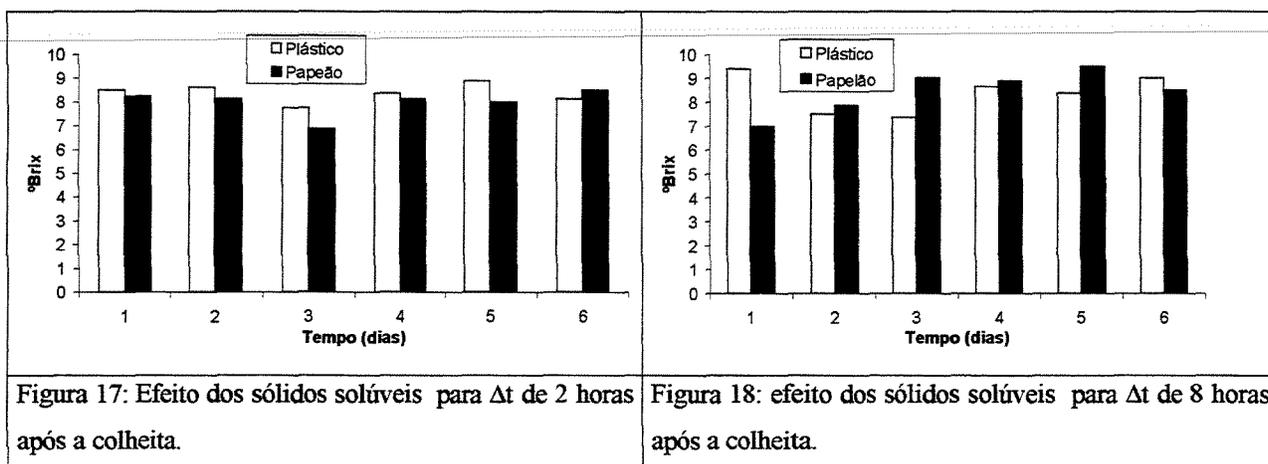


Em ambos os casos, os frutos que foram submetidos a o resfriamento rápido com ar forçado apenas 8 horas após a colheita perderam mais de seu peso que no de 2 horas, o que reafirma a necessidade do início do resfriamento rápido no menor tempo possível.

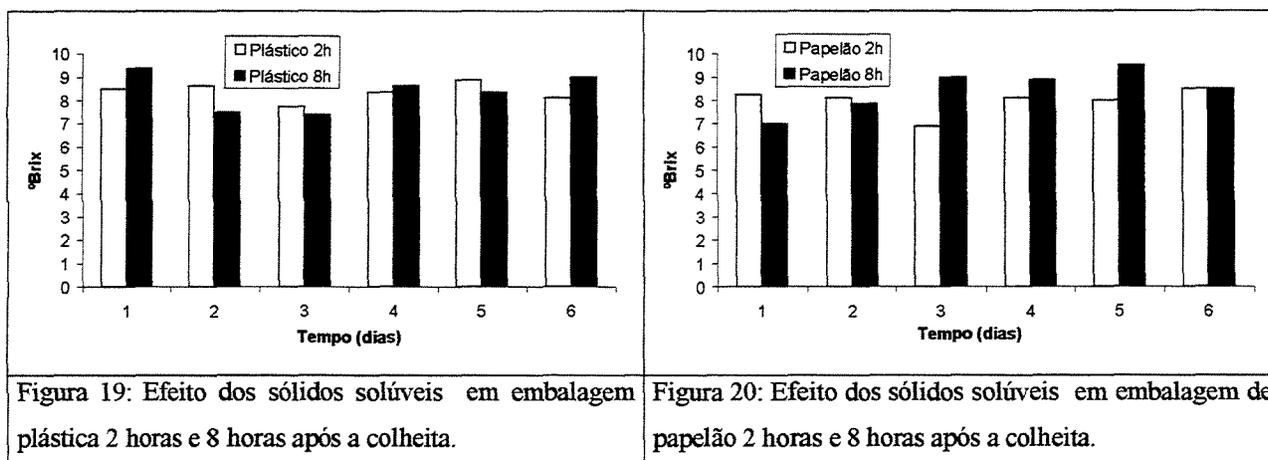
5.2. Sólidos Solúveis

O grande interesse do mercado consumidor de morangos *in natura*, está direcionado a frutos com teores de açúcar mais alto. PASSOS (1982), estudando sólidos solúveis em frutos de morango por métodos quantitativos, comparou os resultados com as respostas obtidas pelas análises sensoriais. Com isso, verificou que a diferença de sabor dos frutos quanto a sua doçura está relacionada a um teor maior de sólidos solúveis.

Para um Δt de 2 horas, houve uma diferença significativa entre os valores obtidos durante o armazenamento dos morangos, sendo que a embalagem de plástico teve um índice de sólido solúvel superior ao índice da embalagem de papelão (Figura 16).



Notou-se que para o Δt de 8 horas também houve diferença significativa, porém o maior índice verificado está associado à embalagem de papelão (Figura 18).



As análises apresentaram diferença significativa para Δt de 2 horas e 8 horas dentro da embalagem de papelão ao longo do tempo de armazenagem. Para a embalagem plástica não houve diferença significativa entre os Δt de 2 horas e 8 horas, o que já era esperado (Figuras 19 e 20)

5.3. Textura

A textura dos frutos do morango e de diversas espécies frutíferas é uma característica muito importante para o consumo *in natura* e também para a durabilidade após a colheita e resistência ao transporte a longas distâncias. Os frutos pouco firmes são mais apreciados pelo mercado consumidor, contudo são menos resistentes. Os morangos firmes são mais adequados para uso industrial (CONTI, 1998).

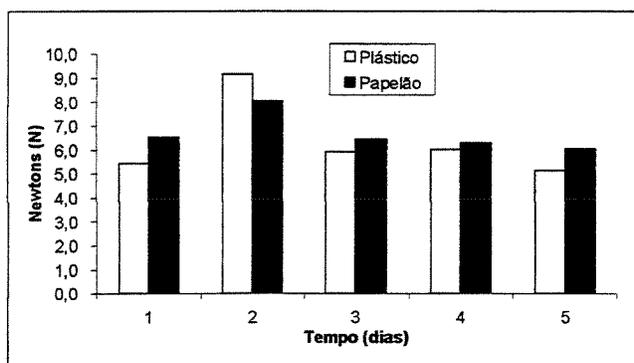


Figura 21: Efeito da textura para Δt de 2 horas após a colheita.

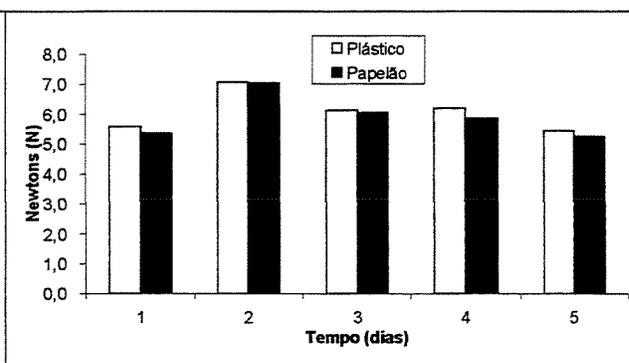
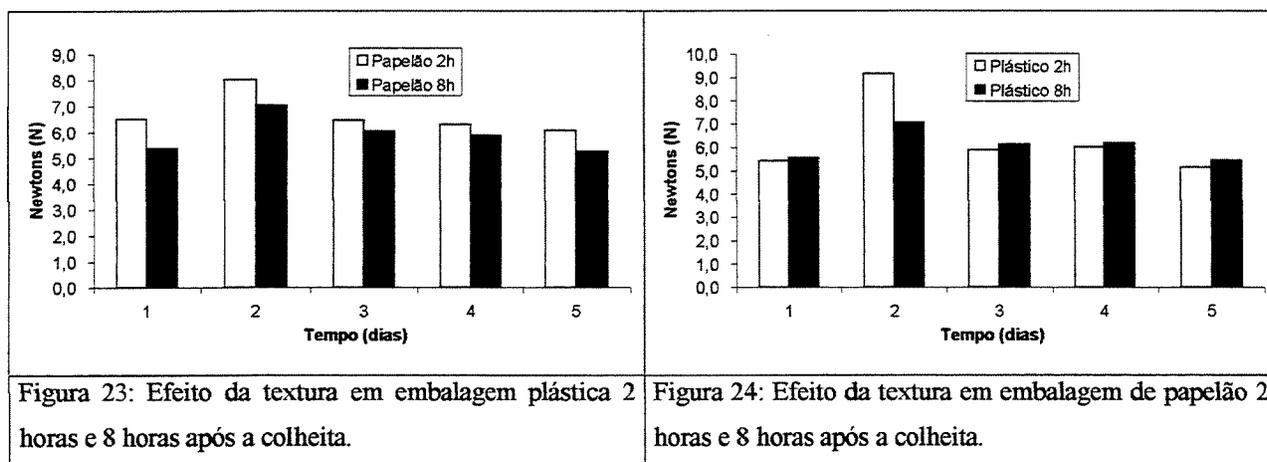


Figura 22: Efeito da textura para Δt de 8 horas após a colheita.

As figuras acima apresentadas (Figuras 21 e 22), mostram que a textura foi alterada durante o tempo de armazenagem do produto na câmara fria, tanto nas embalagens de papelão como na de plástico com Δt de 2 horas e 8 horas, porém estas modificações não comprometeram a qualidade dos frutos que ao final deste tempo apresentaram índices muito semelhantes ao inicial.



Podemos verificar isto também, quando se comparou embalagens ao longo do tempo (Figuras 23 e 24), que apresentaram o mesmo comportamento.

Sendo assim, os dados de resistência à compressão mostram que com a utilização do frio, o índice de firmeza dos frutos do morango, ao longo do tempo de armazenamento não apresentaram diferença significativa.

5.4. Acidez Total

Essa característica é muito importância principalmente quando são comparados cultivares, caso em que essa análise se torna fundamental, principalmente quando visa atender a um mercado específico. Frutos ácidos geralmente atendem ao mercado industrial, já o mercado para consumo *in natura* prefere frutos com menor acidez.

Inicialmente sabe-se que a acidez total dos frutos não deve mudar ao longo da armazenagem, exceto para tratamentos com atmosfera modificada, o que não é o caso pertinente.

Seguindo isto, os resultados mostram que no decorrer do tempo, tanto o tratamento com o Δt de 2 horas como o de Δt igual a 8 horas não exibiram diferença significativa quanto a mudança do pH dos frutos (Figuras 25 e 26).

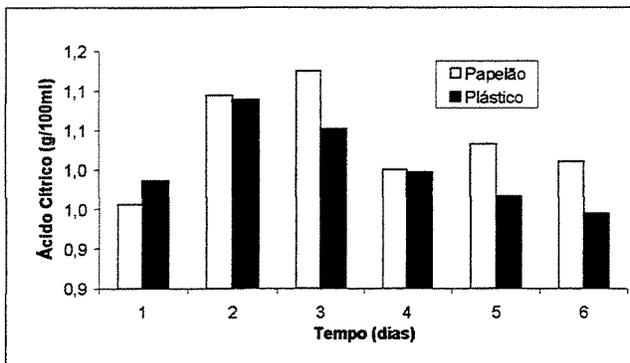


Figura 25: Efeito da acidez titulável para Δt de 2 horas após a colheita.

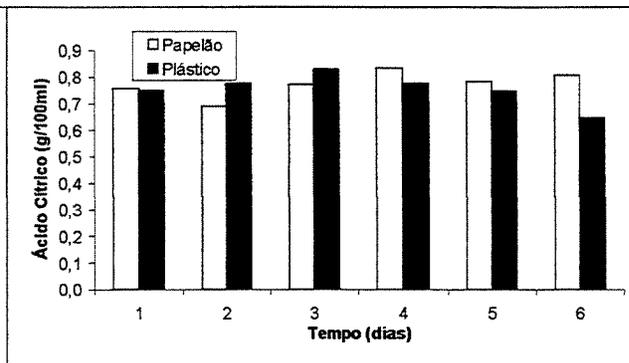


Figura 26: Efeito da acidez titulável para Δt de 8 horas após a colheita.

Porém, quando se comparou a embalagem, ambos os tratamentos apresentam diferenças, o que significa que as embalagens influenciam na acidez encontrada no produto. Uma situação semelhante se verifica com os sólidos solúveis, apresentando diferenças significativas entre as embalagens (Figuras 27 e 28).

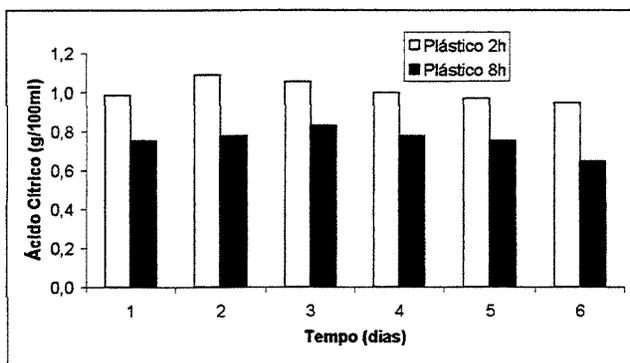


Figura 27: Efeito da Acidez Total em Embalagem Plástica 2 Horas e 8 Horas Após a Colheita.

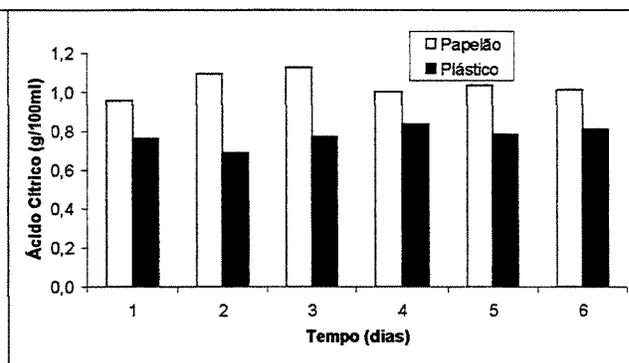


Figura 28: Efeito da Acidez Total em Embalagem de Papeloão 2 Horas e 8 Horas Após a Colheita.

5.5. Ocorrência de Doenças

Os frutos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado e mantidos resfriados por 15 dias, durante o armazenamento não apresentaram nem um tipo de infestação, contudo os frutos armazenados à temperatura ambiente se mostraram significativamente mais infestações por agentes externos. Não somente o metabolismo do fruto diminui, como também a atividade dos

fungos os quais cresceram num ritmo muito acelerado em temperatura ambiente, deteriorando os morangos por completo em dois dias. A maioria dos fungos infestantes não se desenvolvem em temperaturas abaixo de 10⁰C. Os frutos acondicionados em temperatura ambiente, com dois dias de colhidos já estavam impossibilitados de serem comercializados devido a doenças e podridões como antracnose, "mofo cinzento" e "podridão aquosa" que danificaram por completo os morangos.

5.6. Análise Sensorial

Os resultados obtidos através da análise sensorial, em muitos casos, mostram uma enorme variação, assim como um inesperado resultado, o que realmente caracteriza esse tipo de análise, considerando-se também que foi utilizado um fruto diferente para cada provador, os quais poderiam apresentar características diferentes entre si, numa mesma população.

Esse tipo de avaliação é muito importante para verificar a resposta dos morangos à nova tecnologia empregada neste trabalho, principalmente quanto à aceitação dos frutos submetidos a essa série de tratamentos.

5.6.1. Brilho

Para Δt de 2 horas e de 8 horas, notou-se que o brilho é significativamente afetado pelo tipo de embalagem ao longo dos dias de armazenamento. Porém, o produto apresentou aspecto **brilhante** para ambas as embalagens, para Δt de 2 horas. Para Δt de 8 horas com embalagem plástica, o aspecto foi **sem brilho** e com embalagem de papelão foi **muito brilhante**. Os resultados obtidos com o tratamento Δt de 2 horas foi, conforme se esperava, visto que se os frutos foram colocados mais cedo na câmara fria com resfriamento rápido e com condições adequadas, tiveram suas qualidades mantidas por mais tempo. Contudo esperava-se que a caixa de plástico apresentasse resultados mais vantajosos, o que não ocorreu, principalmente quanto ao tratamento com Δt de 8 horas, o qual mostrou resultados divergentes (Quadros 5 a 9).

Quadro 5: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao brilho dos frutos

PAPELÃO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	7	8	7	8	9	5	9	9	7
2	8	6	3	5	9	4	7	9	3	8
3	7	7	9	6	7	7	8	7	7	5
4	7	7	7	8	1	7	7	7	9	1
5	1	1	1	3	7	3	4	7	7	7
6	3	3	5	1	6	5	3	7	5	4

PLÁSTICO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	8	8	1	9	9	8	9	9	8
2	8	4	7	4	9	7	8	8	3	8
3	3	6	8	7	4	7	8	3	7	6
4	7	7	7	8	7	7	7	7	7	5
5	4	4	9	7	7	5	5	7	8	7
6	6	3	5	9	7	5	7	8	5	6

Quadro 6: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao brilho dos frutos

PAPELÃO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	6	9	8	9	7	7	8	3	5
2	7	5	5	7	4	5	8	7	6	6
3	8	6	9	8	7	8	9	8	4	7
4	6	8	6	3	7	5	7	7	5	6
5	6	7	7	3	9	8	6	7	8	6
6	5	3	5	6	5	8	7	7	4	4

PLÁSTICO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	9	8	9	7	2	9	6	9
2	7	3	5	6	7	9	8	7	8	7
3	6	4	5	8	7	5	8	8	3	6
4	6	6	8	6	7	3	7	5	6	7
5	6	5	6	6	8	8	9	3	7	6
6	5	3	4	8	2	9	8	6	5	5

Quadro 7: Intensidade do brilho nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2 .

Embalagem	$\chi^2_{(calc.)}$ 2h	$\chi^2_{(calc.)}$ 8h
Plástico	55,00	18,67
Papelão	26,00	37,17
$\chi^2_{(Tabelado)}$	0,71	0,71

Quadro 8: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao brilho dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

2 horas	Sem Brilho	Pouco Brilhante	Nem Brilhante Nem Sem Brilho	Brilhante	Muito Brilhante
Papelão				X	
Plástico				X	

Quadro 9: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao brilho dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

8 horas	Sem Brilho	Pouco Brilhante	Nem Brilhante Nem Sem Brilho	Brilhante	Muito Brilhante
Papelão					X
Plástico	X				

5.6.2. Cor

A embalagem afeta a cor do produto, resultado esse obtido por análise sensorial a nível de significância de 5%.

Na embalagem de papelão a cor **moderada** foi predominante ao longo do tempo, ao passo que para a embalagem plástica houve predominância da cor **intensa**, tanto para o Δt de 2 horas como para de 8 horas (Quadros 10 a 14).

Quadro 10: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a cor dos frutos

PAPELÃO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	7	8	7	8	9	5	9	9	7
2	8	6	3	5	9	4	7	9	3	8
3	7	7	9	6	7	7	8	7	7	5
4	7	7	7	8	1	7	7	7	9	1
5	1	1	1	3	7	3	4	7	7	7
6	3	3	5	1	6	5	3	7	5	4

PLÁSTICO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	8	8	1	9	9	8	9	9	8
2	8	4	7	4	9	7	8	8	3	8
3	3	6	8	7	4	7	8	3	7	6
4	7	7	7	8	7	7	7	7	7	5
5	4	4	9	7	7	5	5	7	8	7
6	6	3	5	9	7	5	7	8	5	6

Quadro 11: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a cor dos frutos

PAPELÃO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	7	3	8	5	4	9	3	9	7
2	7	2	3	7	6	2	6	3	7	3
3	7	8	9	5	7	3	8	3	6	6
4	7	7	9	7	6	5	3	6	7	6
5	5	7	8	4	8	8	3	8	6	7
6	5	8	5	5	6	3	6	3	8	5

PLÁSTICO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4	9	5	8	7	6	9	5	9	8
2	6	7	8	6	9	4	5	2	2	4
3	6	7	5	5	7	6	7	5	3	6
4	7	5	9	7	9	6	3	6	7	7
5	7	6	6	6	6	8	6	3	5	6
6	3	9	7	7	6	4	8	5	7	5

Quadro 12: Intensidade da cor nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2 .

Embalagem	$\chi^2_{(calc.)}$ 2h	$\chi^2_{(calc.)}$ 8h
Plástico	44,83	44,17
Papelão	37,00	32,33
$\chi^2_{(Tabelado)}$	0,71	0,71

Quadro 13: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a cor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

2 horas	Sem Cor	Cor Fraca	Cor Moderada	Cor Intensa	Cor Muito Intensa
Papelão			X		
Plástico					X

Quadro 14: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a cor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

8 horas	Sem Cor	Cor Fraca	Cor Moderada	Cor Intensa	Cor Muito Intensa
Papelão			X		
Plástico					X

5.6.3. Sabor

A análise do sabor indicou que este é afetado significativamente pelo tipo de embalagem, deixou claro a análise sensorial para Δt de 2 horas e de 8 horas. Os sabores dos frutos na embalagem plástica, tanto para Δt de 2 horas como para de 8 horas, foi classificado como **moderado**. Na embalagem de papelão o sabor classificado para Δt de 2 horas foi **sem sabor a sabor intenso**, devendo ser considerados ambos os resultados, pois ocorreu um empate, embora os resultados tenham se mostrado diferentes. Para o Δt de 8 horas o sabor foi classificado como **intenso**. Na classificação dos morangos quanto ao sabor, para todos os tratamentos, deve ser considerada a individualidade de cada provador e as características próprias do fruto (Quadros 15 a 19).

Quadro 15: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao sabor dos frutos

PAPELÃO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	7	6	4	5	5	8	3	9	6
2	8	4	7	4	3	8	5	3	7	5
3	5	5	3	6	8	7	8	6	7	1
4	6	6	7	9	3	2	8	6	2	5
5	8	9	7	8	3	3	7	7	7	7
6	6	7	7	1	6	6	7	3	6	5

PLÁSTICO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	6	2	3	7	6	6	4	9	5
2	6	5	8	6	9	7	7	1	7	6
3	3	3	3	7	8	8	8	3	7	4
4	6	5	6	9	6	4	3	7	1	3
5	5	3	9	6	7	6	5	7	6	7
6	8	7	5	9	6	7	6	5	3	6

Quadro 16: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto ao sabor dos frutos

PAPELÃO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	6	9	8	9	7	7	8	3	5
2	7	5	5	7	4	5	8	7	6	6
3	8	6	9	8	7	8	9	8	4	7
4	6	8	6	3	7	5	7	7	5	6
5	6	7	7	3	9	8	6	7	8	6
6	5	3	5	6	5	8	7	7	4	4

PLÁSTICO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	9	8	9	7	2	9	6	9
2	7	3	5	6	7	9	8	7	8	7
3	6	4	5	8	7	5	8	8	3	6
4	6	6	8	6	7	3	7	5	6	7
5	6	5	6	6	8	8	9	3	7	6
6	5	3	4	8	2	9	8	6	5	5

Quadro 17: Intensidade do sabor nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste do χ^2 .

Embalagem	$\chi^2_{(calc.)}$ 2h	$\chi^2_{(calc.)}$ 8h
Plástico	27,33	37,00
Papelão	31,83	52,83
$\chi^2_{(Tabelado)}$	0,71	0,71

Quadro 18: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao sabor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

2 horas	Sem Sabor	Sabor Fraco	Sabor Moderado	Sabor Intenso	Sabor Muito Intenso
Papelão				X	
Plástico			X		

Quadro 19: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto ao sabor dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

8 horas	Sem Sabor	Sabor Fraco	Sabor Moderado	Sabor Intenso	Sabor Muito Intenso
Papelão			X		
Plástico					X

5.6.4. Textura

A textura também é afetada significativamente pelo tipo de embalagem ao longo do tempo de armazenagem a frio. Para embalagem plástica com Δt de 2 horas, os frutos apresentaram uma classificação de textura **firme** sendo que a mesma embalagem para um Δt de 8 horas apresentou uma textura classificada como **nem mole nem dura**. A mesma análise realizada para embalagens de papelão revelou textura **firme** para um Δt de 2 horas e para um Δt de 8 horas essa classificação foi **nem mole nem dura** (Quadro 20 a 24).

Quadro 20: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a textura dos frutos.

PAPELÃO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	7	7	4	7	8	8	9	7	7
2	8	5	4	5	8	5	9	9	9	3
3	7	5	9	5	8	4	8	7	8	5
4	8	7	8	8	7	7	4	7	3	4
5	4	1	1	3	8	4	6	7	8	7
6	8	8	6	2	7	3	4	6	8	6

PLÁSTICO - 2 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	4	4	4	7	7	7	7	7	6
2	8	5	2	2	9	8	8	9	9	7
3	3	7	9	7	5	3	7	6	8	3
4	8	8	8	8	9	7	7	7	9	7
5	6	5	9	8	5	6	7	7	8	7
6	7	8	6	9	7	4	3	7	7	6

Quadro 21: Resultados obtidos através da análise sensorial quanto a textura dos frutos.

PAPELÃO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	9	8	5	7	2	2	7	7	4
2	7	5	2	8	9	7	7	2	4	1
3	6	7	8	5	7	5	3	6	5	6
4	3	5	2	7	8	5	7	5	6	5
5	6	4	3	5	5	9	8	7	7	7
6	7	3	5	7	3	9	5	3	6	6

PLÁSTICO - 8 HORAS APÓS COLHEITA										
DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	9	6	2	2	8	7	7	5	3
2	6	8	2	8	1	6	7	4	5	1
3	7	8	9	4	6	4	4	7	7	6
4	1	7	9	7	5	5	6	5	6	6
5	7	4	4	4	8	7	8	6	7	6
6	7	3	5	8	5	9	8	7	6	7

Quadro 22: Intensidade da textura nos frutos do morango, em embalagens de plástico e de papelão, submetidas ao resfriamento rápido 2 horas e 8 horas após a colheita, a partir do teste χ^2 .

Embalagem	$\chi^2_{(calc.)}$ 2h	$\chi^2_{(calc.)}$ 8h
Plástico	46,17	40,33
Papelão	42,00	32,33
$\chi^2_{(Tabelado)}$	0,71	0,71

Quadro 23: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a textura dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 2 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

2 horas	Muito Mole	Mole	Nem Mole Nem Duro	Firme	Muito Firme
Papelão				X	
Plástico				X	

Quadro 24: Resumo dos resultados obtidos na análise sensorial quanto a textura dos morangos submetidos ao resfriamento rápido 8 horas após a colheita ao longo do tempo de armazenamento a frio.

8 horas	Muito Mole	Mole	Nem Mole Nem Duro	Firme	Muito Firme
Papelão			X		
Plástico			X		

5.7. Resfriamento

O resfriamento dos frutos foi monitorado por termopares tipo “T”, estrategicamente colocados no interior e na superfície do fruto conectados a um sistema de aquisição de dados, capaz de registrar a temperatura em intervalos de 10 segundos. Com esses dados foi gerada uma curva real do comportamento térmico do fruto (polpa e superfície) durante o período do resfriamento rápido até atingirem a temperatura de $7/8$ da diferença entre a temperatura inicial e a final do produto. De acordo com o tratamento que os morangos foram submetidos, seu resfriamento se comporta de forma diferente, conforme é mostrado na Figura 29. Percebe-se também que a embalagem em que os morangos se encontram constituem num forte determinante para a agilidade do resfriamento rápido. O gráfico a seguir mostra que quanto menor o tempo entre a colheita e o início do resfriamento rápido com ar forçado, mais rapidamente os frutos atingirão a temperatura desejada para estocagem refrigerada, devido a temperatura de entrada do produto na câmara estar menor.

A figura abaixo mostra que para o tratamento com Δt de 2 horas há uma semelhança no comportamento da temperatura dos frutos a medida que esta decresce ao longo do tempo, isto é, inicialmente há uma queda acentuada na temperatura do fruto e depois se torna mais suave, até atingirem a temperatura em que o sistema de ar forçado é desligado.

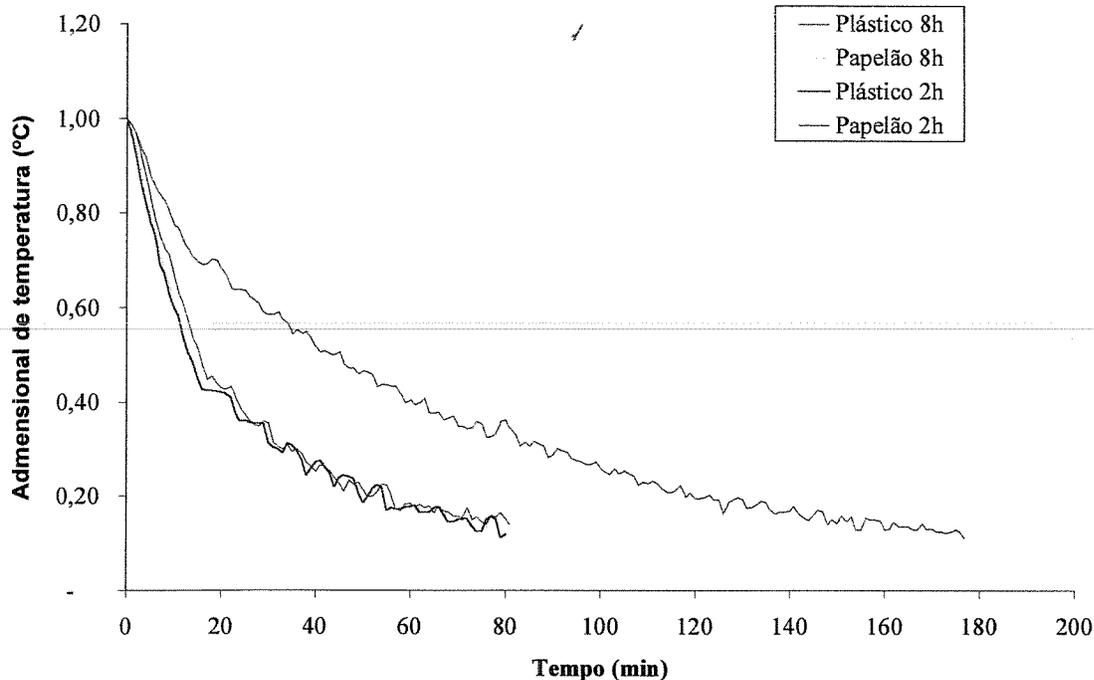


Figura 29: Comparação entre embalagem e tempo pós-colheita para o resfriamento rápido com ar forçado, medido na polpa dos morangos.

Além disto, o tempo necessário para atingirem $7/8$ da diferença entre a temperatura inicial e a que se deseja armazenar o produto, é praticamente o mesmo para embalagens plásticas e de papelão para Δt de 2 horas. Isto significa que morangos resfriados com ar forçado, 2 horas após a colheita, tanto em embalagens plásticas como de papelão levam praticamente o mesmo tempo para serem resfriados, não havendo diferença ao nível de 5% de significância entre as embalagens quando se compara a área entre o eixo do tempo e a curva do resfriamento rápido. O mesmo aconteceu com o tratamento de Δt de 8 horas em caixa de papelão quando comparados com as embalagens do tratamento Δt de 2 horas.

Contudo, há uma grande diferença na curva do tratamento Δt de 8 horas caixa plástica, quando comparadas com as demais, além de requerer um maior tempo para atingir a

temperatura ideal neste tratamento. Pode-se atribuir a isto, o fato dos frutos já entrarem para o resfriamento rápido com ar forçado a uma temperatura bem superior aos demais tratamentos devido ao longo tempo de espera (8 horas), o que faz com que a temperatura do produto suba, característica esta dos produtos “vivos”. Contudo também se sabe que a caixa plástica é dotada de tampa com pequenos orifícios em sua parte superior o que tende a aumentar a temperatura dentro da própria embalagem e conseqüentemente do fruto, formando talvez um micro-clima em seu interior. Os orifícios da tampa da embalagem plástica não favorecem a entrada do ar frio, mesmo com o sistema de ar forçado funcionando fazendo com que a caixa plástica forme uma redoma protetora, impedindo que o ar frio passe diretamente entre os frutos, resfriando-os mais rapidamente.

As linhas da Figura 30 abaixo, mostram que durante o resfriamento rápido com ar forçado, a temperatura na superfície dos frutos cai de forma semelhante, não havendo diferença entre os tratamentos com Δt de 2 horas e Δt de 8 horas com embalagem plástica e de papelão.

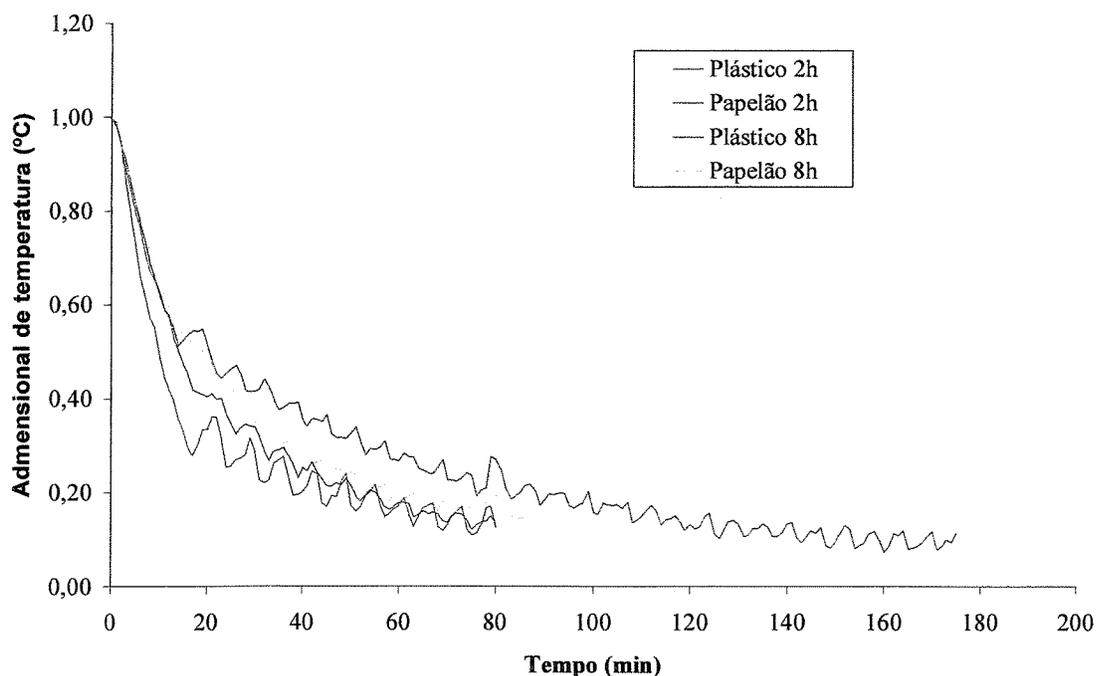


Figura 30: Comparação entre embalagem e tempo pós-colheita para o resfriamento rápido com ar forçado, medido na superfície dos morangos.

As Figuras 31 e 32 mostram a área formada pela temperatura medida na polpa do fruto e o eixo do tempo para o tempo duas horas para as duas embalagens. A “reta” ascendente corresponde ao período entre a colheita e o início do resfriamento rápido com ar forçado. A curva descendente corresponde ao comportamento da temperatura durante o resfriamento rápido.

As áreas sob as Figuras (indicadas nos gráficos) fornecem um parâmetro de comparação para se verificar qual foi o melhor tratamento. A área sobre a reta ascendente corresponde ao Δt propriamente dito, isto é, ao período entre a colheita e o início do resfriamento rápido que pode ser de 2 horas ou 8 horas.

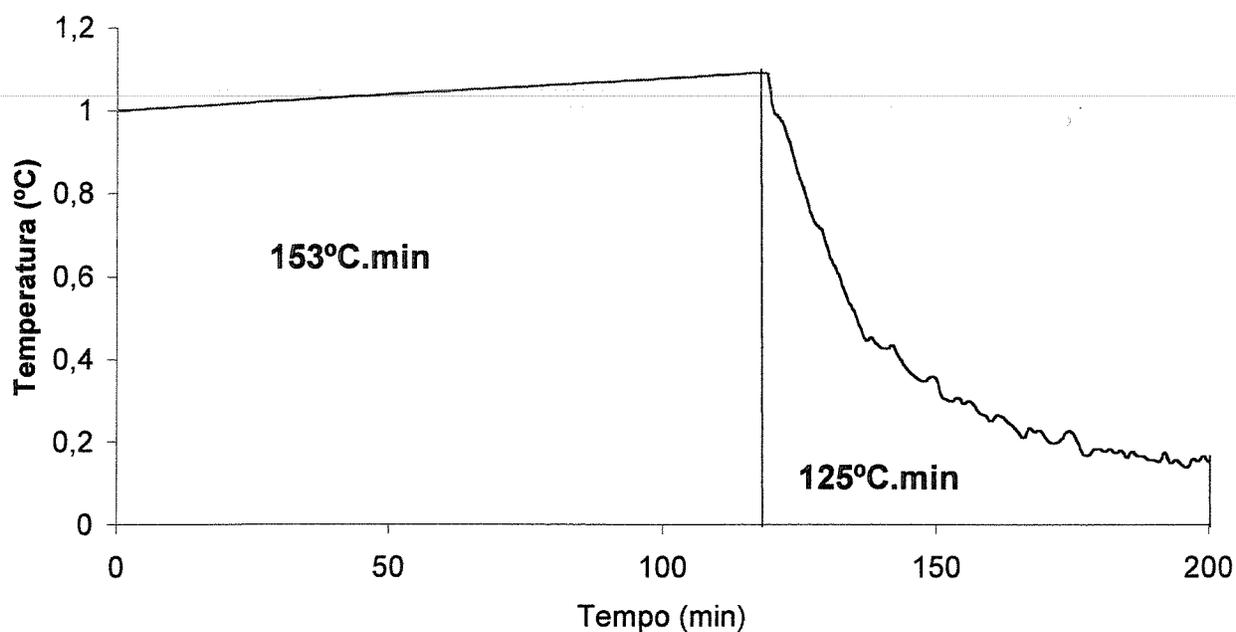


Figura 31: Δt de 2 horas e embalagem de papelão.

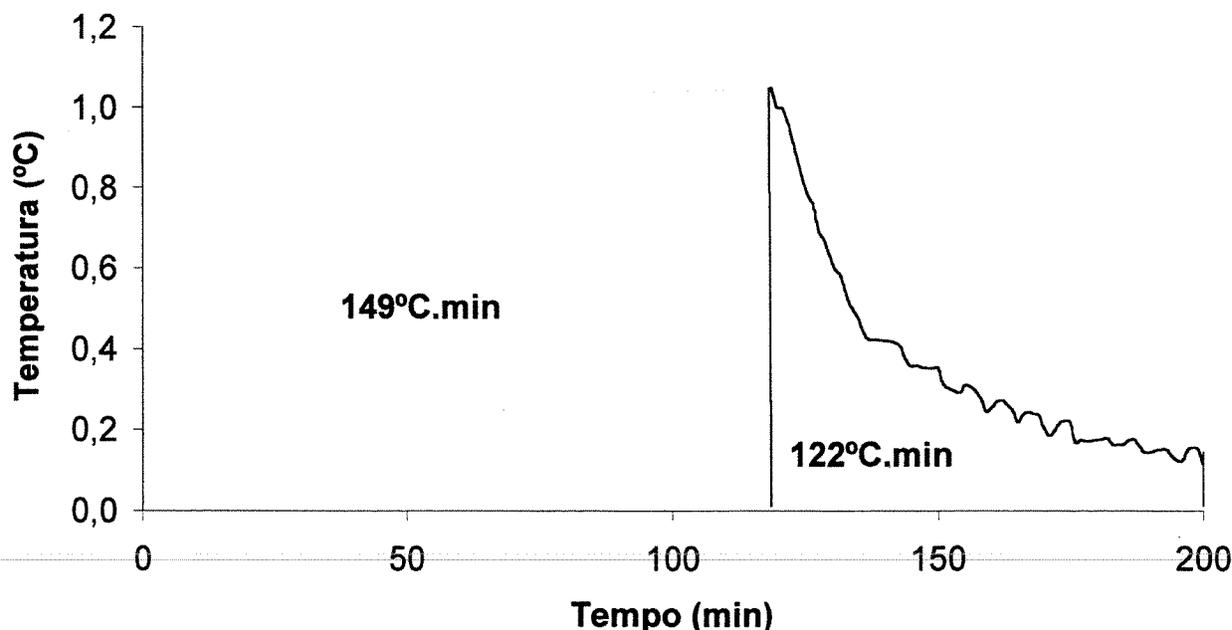


Figura 32: Δt de 2 horas e embalagem de plástico.

O Quadro 25 mostra que as embalagens apresentam diferença significativa em relação à área sobre o gráfico durante o resfriamento rápido de morangos com ar forçado 2 horas após a colheita.

Quadro 25: Comparação entre embalagens e tempo pós-colheita igual a 2 horas.

Fonte da variação	SQ	GI	MQ	F	Valor-P	F crítico	
Entre grupos	0,24	1	0,24	4,68	0,03	3,90	*
Dentro dos grupos	8,25	162	0,05				
Total	8,48	163					

Obs.: *existe diferença ao nível de 5% de significância

Os resultados obtidos através da área formada pela curva gerada pelo eixo da temperatura medida antes e durante o resfriamento rápido e o eixo do tempo, para morangos acondicionados em embalagens plástica e de papelão com Δt de 2 horas após a colheita, apresentaram comportamento semelhante durante o período do resfriamento rápido. Porém a área formada entre a curva da temperatura e os eixos de tempo x temperatura, são significativamente diferentes ao nível de 5% de significância. O mesmo comportamento foi observado pela curva durante o resfriamento rápido com embalagem de papelão. Desta forma, conclui-se que as

embalagens (plástica e papelão) influenciam o valor da área sobre o gráfico de temperatura *versus* o tempo, tanto com 2 horas como com 8 horas depois de colhidos os morangos.

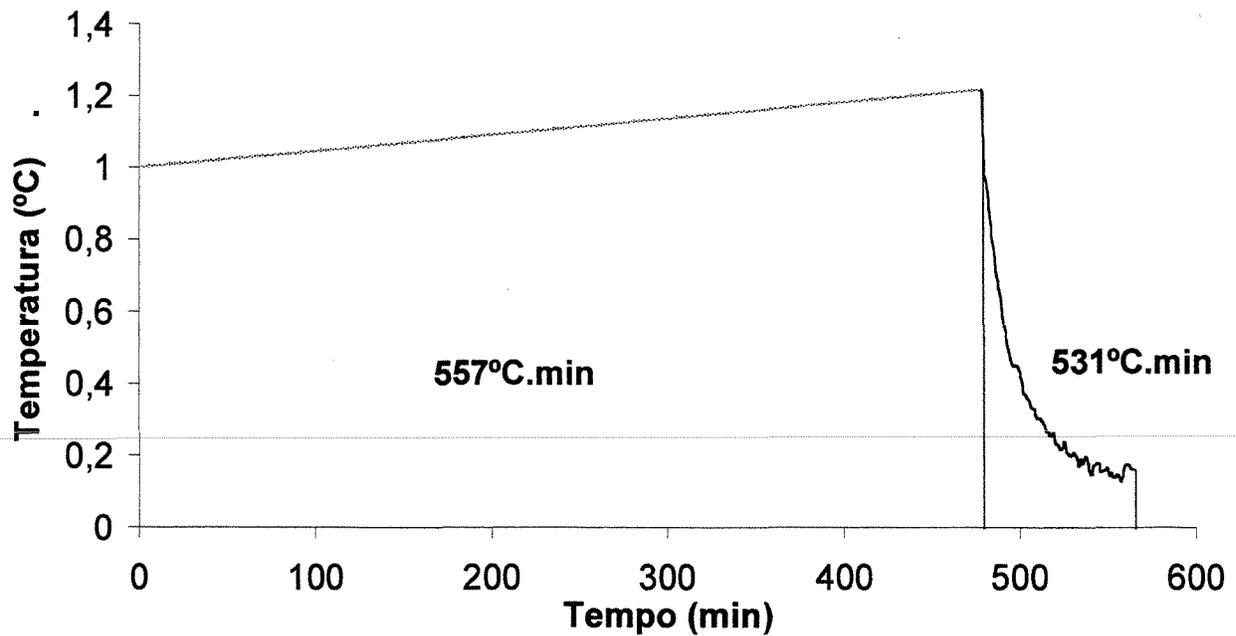


Figura 33: Δt de 8 horas e embalagem de papelão.

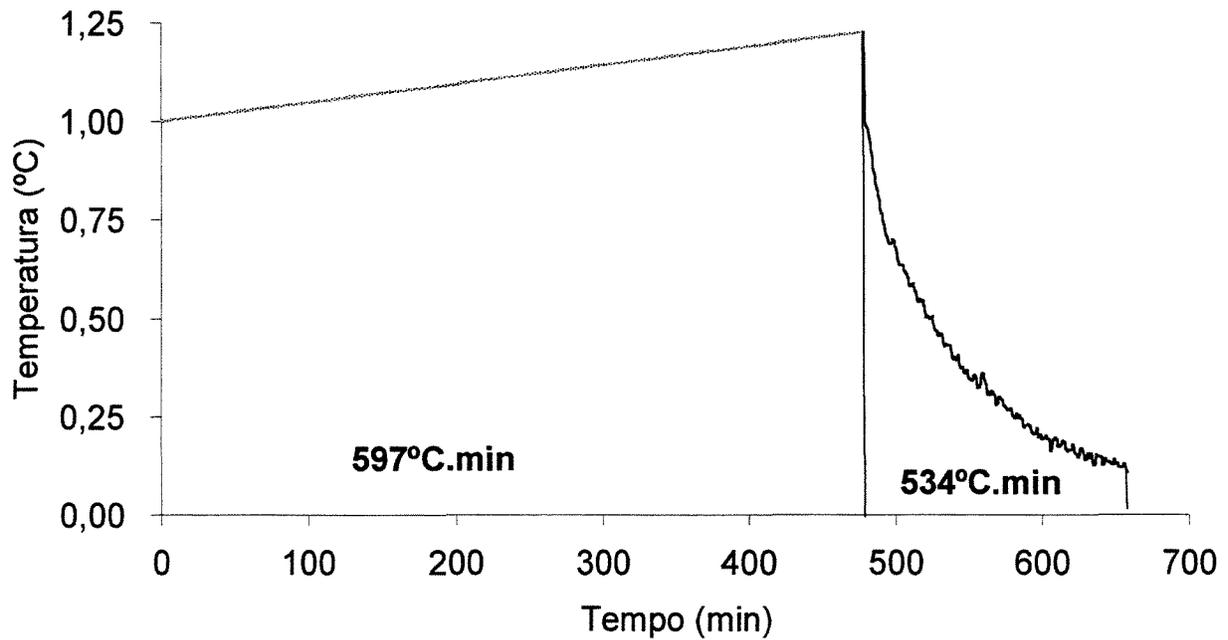


Figura 34: Δt de 8 horas e embalagem de plástico.

As Figuras 33 e 34 mostram a área formada pela temperatura medida na polpa do fruto com os eixos de temperatura *versus* do tempo para Δt de 8 horas com ambas embalagens.

O Quadro 26 mostra que durante o resfriamento rápido com ar forçado 8 horas após a colheita, as embalagens apresentam diferença significativa ao nível de 5%.

Quadro 26: Comparação entre embalagens e tempo pós-colheita igual a 8 horas.

Fonte da variação	SQ	GI	MQ	F	Valor-P	F crítico	
Entre grupos	0,08	1	0,08	1,64	0,20	3,88	*
Dentro dos grupos	12,57	261	0,05				
Total	12,65	262					

Obs.: * existe diferença ao nível de 5% de significância

Os resultados obtidos durante o resfriamento rápido nas embalagens de papelão relativos aos Δt de 2 horas e de 8 horas apresentaram-se muito semelhantes, não havendo diferença significativa entre eles (Quadro 27).

Quadro 27: Comparação entre tempos pós-colheita e embalagem papelão.

Fonte da variação	SQ	GI	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre grupos	0,03	1	0,03	0,54	0,46	3,90
Dentro dos grupos	8,28	165	0,05			
Total	8,31	166				

Os resultados obtidos durante o resfriamento rápido com Δt de 2 horas e de 8 horas com embalagem plástica apresentaram diferença significativa entre eles (Quadro 28), o que confirma a necessidade de se iniciar o resfriamento rápido o quanto antes, assim seu término se dará em menos tempo.

Quadro 28: Comparação entre tempos pós-colheita e embalagem plástica.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	Valor-P	F crítico	
Entre grupos	0,43	1	0,43	8,87	0,003	3,88	*
Dentro dos grupos	12,54	258	0,05				
Total	12,97	259					

Obs.: * existe diferença ao nível de 5% de significância

Na comparação entre as embalagens de plástico e de papelão para o Δt de 8 horas durante o resfriamento rápido, a diferença é aparente, sendo que na embalagem de plástico a área sobre o gráfico foi de aproximadamente 2,8 vezes maior que na de papelão, conforme mostra o Quadro 29.

Quadro 29: Áreas sobre os gráficos Δt versus tempo ($^{\circ}\text{C min}$).

Tratamento	Área sobre o gráfico Δt versus tempo ($^{\circ}\text{C min}$)		
	Antes resfriamento	Resfriamento	Total
Papelão 2h	153	125	278
Plástico 2h	149	122	271
Papelão 8h	557	531	1088
Plástico 8h	597	534	1131

Os resultados do tratamento com caixa de papelão relativo ao Δt de 2 e 8 horas, somente durante o resfriamento rápido, não apresentam diferença significativa ao nível de 5%, conforme indica Quadro 27, entretanto sua área total (Δt e resfriamento rápido) é de aproximadamente 3,9 vezes maior que a com o tratamento Δt de 2 horas.

A área relativa ao resfriamento rápido para o tratamento com caixas de plástico com Δt de 8 horas é de 4,4 vezes maior do que o Δt de 2 horas, como era esperado. Já para a área total esse número é de 4,1 vezes.

No Quadro 29 são apresentados valores das áreas sobre o gráfico relativos a 8 horas antes do resfriamento sendo significativamente maior quando comparadas com o tempo de 2 horas. Isso refletiu no comportamento do tempo despendido para o resfriamento rápido, principalmente com relação à embalagem plástica, inviabilizando sua utilização.

Quanto menor o tempo para se iniciar o resfriamento rápido, menor será o tempo necessário para que o produto atinja a temperatura desejada.

CONCLUSÕES

Baseado no que foi anteriormente exposto, conclui-se que:

- Morangos submetidos ao resfriamento rápido com ar forçado apresentaram vida útil três vezes maior do que os que foram acondicionados a temperatura ambiente.
- O tempo despendido durante o resfriamento rápido dos morangos 2 horas após a colheita não apresentou diferença ao nível de 5% de significância para as embalagens consideradas, pois em ambas embalagens o tempo foi de 80 minutos.
- O tempo despendido durante o resfriamento rápido dos morangos 8 horas após a colheita apresentou diferença ao nível de 5% de significância para as embalagens consideradas, pois na embalagem de papelão este tempo se aproximou muito dos tratamentos com Δt de 2 horas.
- Os frutos que estavam acondicionados em embalagens plásticas com Δt de 8 horas, levaram cerca de 180 minutos para atingirem a temperatura desejada ($7/8$ da diferença entre a temperatura inicial do produto no resfriamento rápido e a temperatura final).
- Cerca de 1 a 2% da massa total do produto é perdido durante o processo de resfriamento rápido, nas embalagens de papelão, porém as embalagens plásticas não apresentaram perda de massa significativa durante este processo.
- Em embalagem de papelão, tanto para o Δt de 2 horas como para de 8 horas, fixaram índices de perda de peso 6% e 8% respectivamente ao final do tratamento.
- Para a embalagem plástica o índice de perda de peso esteve em 2% tanto para Δt de 2 horas como para Δt de 8 horas ao final do tratamento.
- A ocorrência de doenças se deu apenas no lote que permaneceu à temperatura ambiente.
- Durante as análises de acidez total e sólidos solúveis, os resultados apresentaram diferença significativa durante o período de armazenamento.
- As análises sensoriais apresentaram-se divergentes.
- Para os testes de *firmness* os resultados apresentados durante o período de armazenamento não apresentaram diferenças significativas, o que confirma a eficácia da utilização do frio.

BIBLIOGRAFIA

- AFIRIN, B. B.; CHAU, K. V. Cooling of Strawberries in Cartons with Vent Hole Designs. Transactions ASAE. 94 (1) 1988. p. 1415 – 1426.
- ASHRAE. **Handbook**: Refrigeration, Systems and Applications. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. 1994. cap. 17.
- ASHRAE. **Handbook**: Fundamentals. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. 1993. cap. 17.
- BERBARI, S. A. G. Avaliação da Qualidade de Algumas Variedades de Morango para o Processo de Congelamento. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Dissertação de Mestrado. Piracicaba – SP, 1992.
- BLEINROTH, E. W. Preparo da Fruta para a Comercialização e Frigoconservação. Tecnologia de Pós-Colheita de Frutas Tropicais. ITAL. Campinas – SP. 1992. p. 51 – 64.
- BORDIN, M. R. Embalagens para Frutas e Hortaliças. II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Organização: Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP. Campinas – SP. 1998. p. 19 – 28.
- BOYETTE, M. D.; ESTES, E. A.; RUBIN, A. R. Hydrocooling. Maintaining the Quality of North Carolina Fresh Produce. Maintaining the Quality of North Carolina Fresh Produce AG-414-4. North Caroline Cooperative Extension Service. 11p. 1992.
- BRUSEWITZ, G. H., McCOLLUM, T. G., ZHANG, X. Impact Bruise Resistance of Peaches. Transactions of the ASAE. 34 (3) 1991. 962 - 965.
- CAMARGO, L. S. Resultados Experimentais Obtidos com o Morangueiro. O Agrônomo, v. 15, n. 3 / 4, p. 1-6, março-abril 1963.
- CATI – Programa “Selo de Qualidade” – Morango. Comissão Técnica de Morango da CATI. Campinas – SP. 1997. 8 p.
- CASTELLANE, P. D. Nutrição e Adubação do Morangueiro. Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças, 1990. Jaboticabal. Anais... Piracicaba: POTAFOS. 1993. p.261 - 279.

- CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio. ESAL – FAEPE. Lavras – MG. 1990. 293 p.
- CONTI, J. H, Estudos de Caracteres Morfológicos, Agronômicos e Moleculares em Cultivares do Morango (*Fragaria x ananassa* Duch.). Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Dissertação de Doutorado. Piracicaba – SP, 1998. 150 p.
- DIAS, M. S. C, Doenças do Morangueiro. Morango: Tecnologia Inovadora. Informe Agropecuário. EPAMIG. Belo Horizonte- MG. vol. 20 – n. 198 maio/jun. 1999. p. 69 – 74.
- DIAS, M. S. C, Variações Patogênicas, Morfológicas e Culturais entre *Colletotrichum acutatum* Simmonds *Colletotrichum fragariae* Brooks, Causadores de Antracnose em Morangueiro *Fragaria* sp. Botucatu: UNESP, 1993. 73 p. Dissertação Mestrado.
- FERREIRA, M. D. Physiological Responses of Strawberry to Handling Impacts and Precooling Methods .- Thesis to the Graduate School of University of Florida – Doctorate. Florida. 1994. 124 p.
- FILGUEIRA, F. A. R. Manual de Oleicultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças Rosáceas. Morango: Um Delicioso Frutinho Rasteiro. 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v. 2, p. 319 – 328.
- FRASER, H. W, Forced-Air Rapid Cooling of Fresh Ontario Fruits and Vegetables. Resources Management Branch. Ministry of Agriculture and Food. Toronto - ON. Nº 91-070. Agdex 202/736. Oct. 1991.
- GUILLOU, R. Pressure Cooling for Fruits and Vegetables. ASHRAE Journal. vol. 5, .nº 11. 1963. p. 45 – 49.
- GUILLOU, R. Some Engineering Aspects of Cooling Fruits and Vegetables. Transaction of the ASAE. v. 1. n. 1. 1958. p. 38 – 42.
- GROPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J.; BLANCO, M. C. S. G. A Cultura do Morangueiro. (CATI Boletim Técnico, 201). Campinas: CATI, 1997 27 p.
- GROPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J. A Cultura do Morangueiro. CATI, Campinas - São Paulo. 1991. 16p.

- HARDENBURG, R. E; WATADA, A. E; WANG, C. Y. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Washington; United States Department of Agriculture, 1986. 130 p. (USDA. Agricultural Handbook, 66).
- HONÓRIO, S. L. Fisiologia Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças. II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. Campinas. 1998. p. 1 - 9.
- HULME, A. C. The Biochemistry of Fruit and their Products. Academic Press. Vol. 2. London. 1971. 780 p.
- HUNG, Y. C.; PRUSSIA, S. E. Effect of Maturity and Storage Time on the Bruise Susceptibility of Peaches (cv. red globe). Transactions of the ASAE. 1989. 32 (4): 1377 - 1382 p.
- JONES, C. S., HOLT, J. E.; SCHOORL, D. Model to Predict Damage to Horticultural Produce During Transport. Agriculture Engineering Research. 1991. 50: 259 - 272.
- KADER, A. A. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 2nd ed. Publication n° 3311. Cooperative Extension Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Davis, CA. 1992. 296 p.
- KAYS, S. J. Heat, Heat Transfer and Cooling. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand - NY. 1991. p. 457 - 505.
- LEAL, P. A. M., CORTEZ, L. A. B., Métodos de Pré-Resfriamento de Frutas e Hortaliças. II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. Campinas. 1998(a). p. 81 - 115.
- LEAL, P. A. M., CORTEZ, L. A. B., Seleção do Método de Resfriamento. II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP. Campinas. 1998(b). p. 117 - 124.
- LIMA, L. C. O. Qualidade, Colheita e Manuseio Pós-colheita de Frutos de Morangueiro. Morango: Tecnologia Inovadora. Informe Agropecuário. EPAMIG. Belo Horizonte - MG. vol. 20 - n. 198 maio/jun. 1999. p. 80 - 83
- MEDLICOTT, A. P. Fruit Ripening. Syllabus of the Post-Harvest Fruit, Vegetable & Root Crop Technology Course. Tropical Development & Research Institute. London. 1986. 7 p.

- MITCHELL, F.G. Cooling Horticultural Commodities. Postharvest Technology of Horticultural Crop. 2nd ed., Kader, A. A., ed., 53 – 68 p. pub. 3311. Cooperative Extension Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Davis - CA. 1992.
- MITCHELL, F.G.; MAXIE, E.C.;GREATHE, A. S. Handling Strawberries for Fresh Market. University of California. Davis CA. 1964. 16 p.
- MOHSENIN, N. N. Thermal Proprieties of Foods and Agricultural Materials. NY. Gordon and Breach. 1980. 400p.
- NEVES FILHO, L. C; VIGNEAULT, C; CORTEZ, L. A. A. A Cadeia do Frio no Brasil e a sua Importância para Frutas e Hortaliças. Tecnologia no Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Campinas – SP. 1997. 16p.
- NEVES FILHO, L. C. Refrigeração e Alimentos. Instituto Brasileiro do Frio. FEA/UNICAMP. Campinas – SP. 1996. 298 p.
- OLÍAS, J. M.; SANZ, C.; PÉREZ, A. G. Acondicionamiento Post-Recoleccion del Freson de Huelva para Consumo en Fresco. Coleccion Huelva Verde. Instituto de la Grasa, C.S.I.C. Caja Rural de Huelva. Huelva. s.d. 47 p.
- PANTASTICO, E. B. Importância do Manuseio Pós-Colheita e Armazenamento de Frutas. In: BLEINROTH, E. W. Curso de Pós-Colheita e Armazenamento de Frutas. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas – SP. 1981. 114 p.
- PASSOS, F. A. Influência de Sistemas de Cultivo na Cultura do Morango (*Fragaria ananassa* Duch.). (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997. 105 p.
- PRUSSIA, S. E.; SHEWFELT, R. L. Systems Approach to Postharvest Handling. In: SHEWFELT, R. L. and PRUSSIA, S. E. (eds). Postharvest Handling: a Systems Approach. Academic Press, California. 1993. p. 44 - 71.
- QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; JUNG-MENDAÇOLLI, S. L; PASSOS, F. A.; SANTOS, R. R. Caracterização Botânica de Cultivares de Morangueiro. Bragantia, v. 55, n. 1, p. 29 – 44, Jan. 1996.

- RAMOS, R. S. Antracnose do Morangueiro. A Cultura do Morangueiro. FUNESP/UNESP. Jaboticabal – SP. p. 15 – 21. 1991.
- RESENDE, L. M. A; MASCARENHAS, M. H. T; PAIVA, B. M. Panorama da Produção e Comercialização do Morango. Morango: Tecnologia Inovadora. Informe Agropecuário. EPAMIG. Belo Horizonte - MG. vol. 20 – n. 198 maio/jun. 1999. p. 05 – 19.
- SAFADI, T. MORAIS, A. RAMALHO, Cálculo Numérico. Ministério da Educação e do Desporto Universidade Federal de Lavras Departamento de Ciências Exatas. Lavras – MG. 1995. p 74 - 76
- SCALON, S. P. Q.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Conservação de Morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Sequóia em Atmosfera Modificada. Congresso da Pós-Graduação da UFLA, 8, 1995. Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 1995. p.24 – 25.
- SARGENT, S. A. Handling and Cooling Techniques for Maintaining Postharvest Quality. Vegetable Production Guide for Florida. University of Florida. Florida. 1998. cap. 17.
- SARGENT, S. A., BRECHT, J. K., ZOELLNER, J. J. Evaluating Precooling Methods for Vegetable Packinghouse Operations. SSVEC-47. Florida Cooperative Extension Service. IFAS. University of Florida. 1992. 12 p.
- SIGRIST, J. M. M. Manuseio Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças. II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças. Organização: Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP. Campinas – SP. 1998. p. 11-18.
- SIGRIST, J. M. M. Preparo do Produto a Ser Transportado: Pré-resfriamento e Paletização. Curso de Transporte Refrigerado de Frutas e Hortaliças. ITAL. Campinas. 1983. p. 77-89.
- SPAGNOL, W A.; SIGRIST, J. M. M. Pré-resfriamento. Tecnologia de Pós-colheita de Frutas Tropicais. Manual Técnico, 9. Campinas: ITAL, 1992. p.103-118.
- SPAGNOL, W A. Estudo do Pré-Resfriamento de Manga (*Mangifera indica*. L). Dissertação Mestrado. FEA-UNICAMP. Campinas. 1989. 193 p.
- TALBOT, M.T; CHAU, K.V. Precooling Strawberries. Circular 942. Florida Cooperative Extension Service. IFAS. University of Florida. Gainesville, Florida. 1991.

- TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A. KIMATI, H. Doenças do Morangueiro. Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas. Vol. II, ed. Agronômica Ceres, São Paulo – SP. 1997. p. 556 –571.
- TESSARIOLI NETO, J. Avaliação do Potencial Produtivo e de seus Componentes em Diferentes Clones de Morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Dissertação de Mestrado. Piracicaba – SP, 1982. 82 p.
- THOMPSON, J. F. Energy Use in Vacuum Coolers for Fresh Market Vegetables. American Society of Agricultural Engineers. California Polytechnic Institute. San Luis Obispo – Ca. St. Joseph, MI 49085-9659. Paper n° 86-6010. June 29 – July 2. 1986. 7 p.
- VERGANO, P. J., TESTIN, R. F.; NEWALL, W. C. Peach Bruising: Susceptibility to Impact, Vibration, and Compression. Transactions of ASAE. 1991. 34 (5): 2110 - 2116.
- VIGNEAULT, C.; GOYETTE, B. Fruit and Vegetable Precooling. Training Seminar of the NB Fruit Growers Association. Inc. Fredericton – Canada. Febr. 1994.
- WILL, R. B. H.; Mc GLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; LEE, T. H.; HALL, E. G. Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit vegetables. Van Nostrand, New York - New York. 1989. 174p.