

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Hortaliças  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Luís Augusto Barbosa Cortez  
Sylvio Luis Honório  
Celso Luiz Moretti

**Editores Técnicos**

*Embrapa Informação Tecnológica  
Brasília, DF  
2002*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica – PqEB  
Av. W3 Norte (final)  
Caixa Postal 040315  
CEP 70770-901 Brasília, DF  
Fones: (61) 448-4162 e 448-4155  
Fax: (61) 274-4168  
vendas@sct.embrapa.br  
www.sct.embrapa.br

**Embrapa Hortaliças**

Rodovia BR 060 – Brasília-Anápolis, Km 9  
Caixa Postal 218  
CEP 70359-970 Brasília, DF  
Fone: (61) 385-9000  
Fax: (61) 556-6744  
sac: hortaliças@embrapa.br  
www.cnph.embrapa.br

**Universidade Estadual de Campinas – Unicamp**

Cidade Universitária Zeferino Vaz  
Distrito de Barão Geraldo  
CEP 13083-970 Campinas, SP

**Coordenação editorial**

Walmir Luiz Rodrigues Gomes  
Mayara Rosa Carneiro

**Supervisão editorial**

Lucilene Maria de Andrade

**Revisão de texto**

Vitória Rodrigues  
Norma Azeredo

**Revisão e normalização bibliográfica**

Rosa Maria E. Barros

**1ª edição**

1ª impressão (2002): 2.000 exemplares

**Projeto gráfico e editoração eletrônica**

José Batista Dantas

**Capa**

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

**Fotos da capa**

Luís Augusto Barbosa Cortez

**Tratamento de fotos e ilustrações**

Mário César Moura de Aguiar  
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP – Brasil. Catalogação-na-publicação.  
Embrapa Informação Tecnológica.

---

Resfriamento de frutas e hortaliças / editores técnicos Luís Augusto Barbosa Cortez ; Sylvio Luis Honório ; Celso Luiz Moretti ; Embrapa Hortaliças (Brasília, DF). – Brasília : Embrapa Informação Tecnológica, 2002.  
428 p. : il. ; 27 cm.

Inclui bibliografia.

ISBN

1. Fruta – Resfriamento. – Tecnologia. 2. Hortaliça – Resfriamento – Tecnologia. 3. Fruta – Frio – Armazenamento. 4. Hortaliça – Frio – Armazenamento. I. Cortez, Luís Augusto Barbosa, ed. téc. II. Honório, Sylvio Luis, ed. téc. III. Moretti, Celso Luiz, ed. téc. IV. Embrapa Hortaliças (Brasília, DF).

CDD: 664.8 (21. ed.)

---

© Embrapa 2002

## Apresentação

*É com satisfação que apresento o livro Resfriamento de Frutas e Hortaliças, obra redigida por conceituados técnicos brasileiros e estrangeiros que trabalham com a pós-colheita e o marketing das frutas e hortaliças.*

*Os autores deste trabalho procuraram sistematizar conhecimentos científicos e tecnológicos referentes à importância do resfriamento para a conservação e manutenção da qualidade dos diferentes produtos hortícolas.*

*A abordagem do resfriamento é feita de forma integrada, o que permitirá aos exploradores do agronegócio de frutas e hortaliças informações imprescindíveis que auxiliarão no aperfeiçoamento tecnológico de suas empresas, colocando-os num patamar de competitividade internacional.*

*O grau de mérito da presente obra é de ser o primeiro trabalho referente no setor, com dados e informações obtidas no País, refletindo a realidade e as características intrínsecas das frutas e hortaliças brasileiras.*

*Deve também ser enfatizado que a parceria interdisciplinar e interinstitucional alcançada dá ao livro uma visão ampla dos diferentes aspectos tecnológicos estudados.*

*As técnicas de resfriamento de frutas e hortaliças são extremamente importantes, pois o futuro do País passa pelo desenvolvimento sustentado da horticultura. A presente obra contribui, de maneira inequívoca, para o aprimoramento desses conhecimentos.*

*O livro Resfriamento de Frutas e Hortaliças é um marco editorial que abre portas e é exemplo para trabalhos futuros que contribuam com o nosso conhecimento do mundo das frutas e hortaliças no Brasil.*

*Moacyr Saraiva Fernandes*  
Vice-Presidente  
Instituto Brasileiro de Frutas – Ibraf

# Sumário

<b>Prefácio</b> .....	15
<b>Capítulo 1 – Importância do Resfriamento para Frutas e Hortaliças no Brasil</b> .....	17
A Produção de Frutas e Hortaliças no Brasil .....	18
A Cadeia do Frio no Brasil – O Caso da Maçã .....	20
Perdas Quantitativas e Qualitativas .....	21
O Mercado Brasileiro Atacadista .....	23
A Infra-Estrutura de Armazenamento a Frio .....	24
O Mercado Varejista – Feiras Livres, Supermercados e Varejões .....	25
Equipamento e Tecnologia para a Cadeia do Frio .....	27
Mercado Potencial para Frutas Brasileiras .....	28
Análise Comparativa entre o Brasil e o Chile .....	29
Brasil – Um Mercado Importador .....	31
Perspectivas no Campo de Frutas e Hortaliças no Brasil .....	32
Considerações Finais .....	34
Referências .....	34
<b>Capítulo 2 – Certificação da Qualidade de Frutas e Hortaliças</b> .....	37
Introdução .....	38
O Sistema de Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle – APPCC – em Frutas e Hortaliças Frescas .....	44
Etapas para um Estudo ou para Implantar a APPCC .....	45
Referências .....	46
<b>Capítulo 3 – O Marketing do Frio para Frutas e Hortaliças</b> .....	49
Introdução .....	50
Diferenças entre Marketing e Vendas .....	51
Tendências no Mercado de Frutas e Hortaliças .....	51
Novos Produtos que Usam o Frio, Classificação e Novas Embalagens .....	54
O Frio Como um Elemento no Marketing de Frutas e Hortaliças .....	56
Referências .....	57
<b>Capítulo 4 – Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças</b> .....	59
Introdução .....	60
Fatores Internos e Externos Associados à Deterioração .....	60
Fatores Associados ao Desenvolvimento da Injúria por Frio .....	70
Mecanismos da Injúria por Frio .....	70
Referências .....	76
<b>Capítulo 5 – Manuseio Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças</b> .....	83
Introdução .....	84
Práticas de Manuseio e suas Funções .....	84
Referências .....	93

<b>Capítulo 6 – Embalagem para Frutas e Hortaliças .....</b>	<b>95</b>
Introdução .....	96
Vibração, Impacto e Compressão – Um Longo Caminho a Percorrer .....	97
Tipos e Materiais de Embalagem .....	99
Forma e Abertura das Embalagens .....	106
O Projeto de Embalagens para Frutas e Hortaliças .....	115
Considerações Finais .....	119
Referências .....	119
<b>Capítulo 7 – Cálculo de Carga Térmica .....</b>	<b>123</b>
Introdução .....	124
Dados Iniciais .....	125
Transmissão .....	126
Infiltração .....	129
Produto .....	132
Outras Fontes .....	136
Carga Térmica Total .....	138
Referências .....	139
<b>Capítulo 8 – Equipamentos Frigoríficos .....</b>	<b>141</b>
Introdução .....	142
Refrigerantes .....	143
Compressores .....	145
Evaporadores .....	148
Condensadores .....	151
Controles .....	154
Acessórios e Tubulação .....	156
Condições de Operação .....	157
Seleção do Sistema .....	160
Manutenção .....	161
Referências .....	163
<b>Capítulo 9 – Armazenamento e Distribuição Frigorificados .....</b>	<b>165</b>
Introdução .....	166
Câmara de Armazenagem Frigorificada .....	167
Temperatura e Umidade Relativa .....	169
Umidificação .....	173
Controles e Sensores de Umidade .....	175
Câmaras Tipo Envelope e Lavador .....	178
Transporte Frigorificado .....	181
Varejo .....	185
Referências .....	189
<b>Capítulo 10 – Transporte Frigorífico de Frutas e Hortaliças .....</b>	<b>191</b>
Introdução .....	192
Fatores que Afetam a Qualidade do Produto Durante o Transporte .....	193

Sistemas de Controle para a Preservação da Qualidade	
Durante o Transporte .....	199
Carregamento dos Veículos de Transporte .....	212
Particularidades para cada Modo de Transporte .....	214
Considerações Finais .....	228
Referências .....	228
<b>Capítulo 11 – Resfriamento Rápido a Ar: Métodos da</b>	
<b>Câmara Frigorífica e do Ar Forçado .....</b>	<b>231</b>
Introdução .....	232
Parâmetros Básicos no Resfriamento .....	233
Resfriamento em Câmara Frigorífica ( <i>room cooling</i> ) .....	235
Método de Resfriamento Rápido por Ar Forçado ( <i>forced-air cooling</i> ) .....	239
Referências .....	270
<b>Capítulo 12 – Método de Resfriamento Rápido por Água Gelada .....</b>	<b>273</b>
Introdução .....	274
Parâmetros Operacionais .....	275
Sistemas Comerciais de Resfriamento com Água Gelada .....	277
Exemplos de Uso de Resfriamento com Água Gelada .....	278
Experimentos com Resfriamento com Água Gelada .....	279
Referências .....	280
<b>Capítulo 13 – Método de Resfriamento Rápido com Gelo .....</b>	<b>283</b>
Introdução .....	284
Condicionamento com Gelo ( <i>Package Icing</i> ) .....	286
Gelo Líquido ( <i>Liquid Icing</i> ) .....	287
Sistema de Resfriamento com Gelo em Grande Escala .....	289
Desenvolvimento de um Sistema Gelo-Líquido de Baixo Custo .....	294
Conclusões .....	308
Referências .....	309
<b>Capítulo 14 – Método de Resfriamento Rápido a Vácuo .....</b>	<b>311</b>
Introdução .....	312
Equipamento para o Resfriamento a Vácuo .....	315
Experimentos em Resfriamento a Vácuo na Unicamp .....	323
Considerações Finais .....	330
Referências .....	330
<b>Capítulo 15 – Considerações Técnicas e Econômicas sobre a</b>	
<b>Decisão de Investir no Resfriamento de Frutas e Hortaliças .....</b>	<b>333</b>
Introdução .....	334
Comparação entre os Métodos de Resfriamento Rápido .....	335
Considerações Técnicas sobre os Produtos e a Seleção do Método	
mais Adequado .....	337
Sistemas de Resfriamento para Múltiplo Uso .....	337

Temperatura Requerida na Estocagem.....	339
Umidade Requerida nas Câmaras .....	340
Custo de Operação dos Resfriadores .....	341
Custos Energéticos .....	342
Outras Considerações .....	343
Gerenciamento Adequado dos Resfriadores .....	344
Considerações Importantes sobre a Cadeia do frio .....	344
Referências .....	351

## **Capítulo 16 – Cálculo da Temperatura no Resfriamento de Frutas e**

<b>Hortaliças .....</b>	<b>355</b>
Introdução .....	356
Método do Tempo de Resfriamento $t_{7/8}$ .....	356
Métodos Analíticos.....	358
Métodos Numéricos .....	362
Efeito do Calor de Respiração e Transpiração .....	368
Resfriamento de uma Camada de Produtos .....	369

## **Capítulo 17 – Psicrometria Aplicada ao Resfriamento de Frutas e**

<b>Hortaliças .....</b>	<b>373</b>
Introdução .....	374
Propriedades .....	374
Processos de Resfriamento .....	377
Conclusões e Recomendações.....	383
Referências .....	384

## **Capítulo 18 – Técnicas de Armazenagem com a Atmosfera**

<b>Modificada e Controlada .....</b>	<b>385</b>
Introdução .....	386
Técnicas para o Armazenamento de Frutas e Hortaliças em Atmosfera Controlada .....	389
Fatores do Projeto de Armazenagem com AC .....	390
Sistemas de Controle de Oxigênio .....	394
Sistemas de Controle de Dióxido de Carbono .....	398
Sistemas de Controle de Etileno .....	403
Automação .....	405
Segurança.....	407
Referências .....	407

## **Capítulo 19 – Processamento de Frutas e Hortaliças .....**

<b>Introdução.....</b>	<b>411</b>
Introdução.....	412
Fruta em Calda .....	412
Doce de Fruta em Calda .....	416
Polpa de Fruta .....	417
Néctar de Fruta .....	417
Geléia .....	418

Doce de Fruta em Pasta .....	420
Fruta Cristalizada ou Glaceada .....	422
Fruta Seca.....	423
Licor .....	424
Picles .....	425
Referências .....	427



## Prefácio

As tecnologias de resfriamento rápido, denominadas em inglês de *precooling*, provavelmente tiveram origem nos EUA, onde os produtos oriundos da Califórnia, eram enviados por via terrestre (via ferroviária e rodoviária) até Nova Iorque. Os primeiros artigos técnicos publicados a respeito foram elaborados pelo serviço de extensão de agricultura da Califórnia e datam do início da década de 50. Com o final da II Grande Guerra Mundial, a população americana experimentou um importante aumento na qualidade de vida, redundando na elevação do consumo de frutas e hortaliças refrigeradas. Dessa forma, foi justamente na América do Norte que se desenvolveu mais rapidamente a “cultura do frio” e suas aplicações para frutas e hortaliças.

De maneira análoga, observa-se que o Brasil, de certa forma, passa pelo mesmo processo nos dias de hoje. Embora sem um marco definido, o consumo de frutas e hortaliças refrigeradas vem aumentando significativamente nas últimas décadas, como também crescem as possibilidades e as condições para o País se tornar um grande produtor e exportador desses produtos.

Pretendemos, com a presente obra, dar um passo, uma pequena contribuição, para a melhoria da qualidade dos produtos, para a redução de perdas pós-colheita, para o aumento da renda de produtores e empresários que atuam nas diferentes cadeias produtivas de frutas e hortaliças, bem como contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira. Sabemos que o Brasil é um grande produtor de alimentos, e que o País desperdiça grande parte de sua produção por falta de infra-estrutura e má remuneração do produto final. Destaca-se também a disseminação precária das tecnologias, produtos e serviços desenvolvidos, notadamente de utilização do frio, que estão disponíveis nos centros mais avançados de pesquisa e desenvolvimento, no Brasil e no exterior. Nós, técnicos da área de pós-colheita de perecíveis, sabemos que o emprego criterioso e sustentável das tecnologias de refrigeração existentes permitirá um avanço significativo em toda a cadeia produtiva de frutas e hortaliças.

Apesar de possuir uma importante indústria de refrigeração, indo desde a refrigeração doméstica até a industrial, de todo o potencial econômico representado pela expressiva produção de frutas e hortaliças e do tamanho de sua população, pouco se fez até hoje no campo da refrigeração comercial de perecíveis no Brasil. É exatamente nesse ponto que o presente livro vem fornecer subsídios técnicos no que se refere às tecnologias de resfriamento rápido.

Organizado em 19 capítulos, o livro *Resfriamento de Frutas e Hortaliças* enfoca, basicamente, os diferentes aspectos relacionados com a refrigeração e a conservação refrigerada de frutas e hortaliças. Uma parte substancial do texto é dedicada aos métodos de resfriamento rápido (ar, água, gelo e vácuo) e às questões relativas à “cadeia do frio”, como os equipamentos frigoríficos, o cálculo da carga térmica em câmaras frias, o transporte refrigerado e a distri-

buição refrigerada. Vários dos assuntos apresentados estão relacionados ao tema, como é o caso de embalagens, casas de embalagem (*packinghouses*), psicrometria, cálculo da temperatura no produto e tomada de decisão econômica, além dos métodos de processamento dos produtos com menor valor agregado ou que estão fora do padrão para comercialização in natura.

O texto foi elaborado com linguagem técnica, com o cuidado de não ser excessivamente rebuscada, permitindo que engenheiros, técnicos, estudantes de graduação e pós-graduação, profissionais ligados à pesquisa, ensino e extensão, e produtores de frutas e hortaliças possam beneficiar-se das informações disponibilizadas.

Além de sua multidisciplinaridade, que vai da fisiologia vegetal à engenharia de resfriamento e embalagens, o livro *Resfriamento de Frutas e Hortaliças* primou pela multinstitucionalidade, nacional e internacional, reunindo contribuições de 26 autores, profissionais de reconhecida competência em universidades e centros de pesquisa do Canadá, EUA, Espanha e Brasil. Entre eles, destaca-se Clément Vigneault, do Horticultural Research and Development Centre, além das participações de pesquisadores da McGill University e do Atlantic Food and Horticulture Research Centre, todos do Canadá. Dos EUA, a contribuição veio de Khe Chau, da University of Florida, autoridade mundial em engenharia de resfriamento de frutas e hortaliças. Do Continente Europeu contamos com as contribuições de Jose Luiz López García e Jose Moure Gil, ambos da Universidad Politécnica de Madrid, Espanha. Do Brasil, vários centros de pesquisa e universidades colaboraram neste livro. Destacam-se as participações do Instituto de Tecnologia de Alimentos – Ital, da Universidade do Estado da Bahia – Uneb e da Embrapa Hortaliça – CNPH, da Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA e Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri, ambas da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp.

Espera-se, finalmente, que o presente trabalho apresente subsídios para a introdução da tecnologia de refrigeração e do conceito de “cadeia do frio” na área de frutas e hortaliças no Brasil, e que esse tema venha ganhar a importância que merece quando do lançamento dos editais das diferentes agências de fomento à pesquisa e desenvolvimento do País, notadamente de projetos a serem financiados pelos Fundos Setoriais dos Agronegócios, coordenados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, que dentro em breve estarão sendo implementados no Brasil.

Os editores técnicos deste texto, desde já, assumem a responsabilidade por possíveis erros e imperfeições que porventura estejam ainda presentes e solicitam àqueles que os encontrarem que os tragam ao nosso conhecimento, visando o aprimoramento nas futuras edições.

*Luís Augusto Barbosa Cortez*

*Sylvio Luis Honório*

*Celso Luiz Moretti*

Os editores

Capítulo 1

# Importância do Resfriamento para Frutas e Hortaliças no Brasil

*Luís Augusto Barbosa Cortez  
Sylvio Luis Honório  
Lincoln de Camargo Neves Filho  
Celso Luiz Moretti*



## A Produção de Frutas e Hortaliças no Brasil

Embora seja um grande produtor de frutas e hortaliças, o Brasil perde parte significativa da sua produção. Assim, caso algo não seja feito para reduzir essas perdas, aumentos da produção desses alimentos terão menores impactos a cada dia. Em geral, no Brasil não se utilizam tecnologias apropriadas para a colheita e a pós-colheita de produtos perecíveis, exceto em alguns casos raros, geralmente voltados para a economia de exportação. Esse descaso, associado ao mau gerenciamento, contribui para a obtenção de um produto de baixa qualidade e limita a sua competitividade no exterior.

A produção agrícola é relativamente bem distribuída no Brasil, pois praticamente não há limitações críticas para a produção de frutas e hortaliças em qualquer parte do território nacional, com uma área agricultável de aproximadamente 550 milhões de hectares. Dessa forma, uvas são cultivadas nos Estados do Rio Grande do Sul, Bahia e São Paulo; maçãs em Santa Catarina; pêssegos, em São Paulo; melões, no Rio Grande do Norte; e outras culturas como laranja e banana podem ser encontradas numa vasta extensão do território. Entre as hortaliças, embora não existam limitações importantes do ponto de vista agrônômico, são cultivadas predominantemente por pequenos produtores nas regiões vizinhas aos grandes centros urbanos, sobretudo nas regiões Sudeste e Sul. A Tabela 1 mostra a produção e o valor dos principais produtos agrícolas no Brasil e, a Tabela 2, a produção e a área cultivada para algumas frutas no Brasil.

De maneira geral, o melhor da produção brasileira encontra-se nas Regiões Sul, Sudeste, no Estado de São Paulo e também na Região Nordeste, nos Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. A produção de frutas e hortaliças nas demais 17 unidades da federação é menos organizada, sendo usados, com frequência, métodos comerciais primi-

**Tabela 1.** Produção e valor dos principais produtos agrícolas no Brasil, em 2000.

Produto	Quantidade (mil t)	Valor (mil US\$)
Cana-de-açúcar	339.660	2.904.102
Milho	31.640	4.435.678
Soja	31.376	6.097.012
Mandioca	21.850	1.301.207
Arroz	11.534	2.440.696
Café	1.831	985.509
Feijão	3.072	1.832.629
Frutas	33.850	10.155.191 <sup>(1)</sup>
Hortaliças	11.100	5.200.000 <sup>(1)</sup>
Total	485.913	35.352.024

<sup>(1)</sup> Valores referentes a 1998.

Fonte: Agrianual (2001), Embrapa Hortaliças (2000).