

## ARTIGO TÉCNICO

### **AVALIAÇÃO DAS CÂMARAS FRIAS USADAS PARA O ARMAZENAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS NO ENTREPOSTO TERMINAL DE SÃO PAULO (CEAGESP)**

**JOSUÉ FERREIRA NETO<sup>1</sup>, MARCOS D. FERREIRA<sup>2</sup>, LINCOLN DE C. NEVES FILHO<sup>3</sup>, CAROLINE ANDREUCETTI<sup>4</sup>, ANITA DE S. D. GUTIERREZ<sup>5</sup>, LUIS A. B. CORTEZ<sup>6</sup>**

**RESUMO:** O tempo de vida pós-colheita de frutas e hortaliças está diretamente relacionado à temperatura de armazenamento do produto. Em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, as reações metabólicas podem ser retardadas, proporcionando melhor conservação do produto. Foram realizadas avaliações das câmaras frias destinadas à estocagem de frutas e hortaliças na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo, CEAGESP - São Paulo - SP, com o objetivo de identificar a situação das câmaras frias utilizadas nesse entreposto. As condições de estocagem dos produtos foram avaliadas por meio dos parâmetros: temperatura do ar, umidade relativa, isolamento, equipamento frigorífico (condensador, compressor, evaporador), piso, dimensões da câmara e da porta. Avaliou-se a eficiência de uso por meio do cálculo para a determinação da carga térmica. Observou-se que maçã e pêra possuem os maiores volumes comercializados, utilizando-se de estocagem pelo frio (63,25%), seguido pela banana (24,10%). Baseando-se no volume médio de comercialização dos permissionários, constatou-se que 73,91% possuem motores superdimensionados a sua capacidade calorífica de uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** frutas, hortaliças, câmaras frias, estocagem.

### **EVALUATION OF THE USE OF COLD CHAMBERS USED TO FRUITS AND VEGETABLES STORAGE IN THE TERMINAL WAREHOUSE OF SÃO PAULO - CEAGESP**

**ABSTRACT:** Post-harvest shelf life of fruits and vegetables is direct related to storage temperatures of these products. At controlled conditions of temperature and humidity, the speed of metabolic reactions can be reduced, allowing better conservation of the products. The evaluation was carried out in the Terminal Market of São Paulo- CEAGESP, to identify the condition of cold chambers used for storage of fruits and vegetables. The parameters investigated were: air temperature, relative humidity, refrigerated conditions, type of floor, chamber and door dimensions. Data were used to calculate thermal load. Apples and pears were the most stored commodities (63.25%) in CEAGESP, followed by bananas (24.10%). Based on the average commercialization volume, it was observed that 73.91% of the motors were super dimensioned.

**KEYWORDS:** refrigeration, fruits, vegetables, cold chambers.

## **INTRODUÇÃO**

Atualmente, as Centrais de Abastecimento S.A. (CEASA) são responsáveis por quase a totalidade de comercialização das hortifrutícolas no País, existindo cerca de 50 unidades, distribuindo em torno de 25 milhões de toneladas de frutas e hortaliças por ano. A Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), o mais importante mercado atacadista de frutas e hortaliças na América Latina, comercializou, em 2000, a média de 11 mil toneladas por dia, com perdas diárias que chegaram a 15% desse total (CORTEZ et al., 2002).

<sup>1</sup> Aluno de Graduação, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Departamento de Tecnologia em Pós-Colheita, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP, Fone: (0XX19) 3788.1028, marcos.ferreira@agr.unicamp.br.

<sup>3</sup> Prof., Departamento de Engenharia de Alimentos, FEA-UNICAMP, Campinas - SP.

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

<sup>5</sup> CQH - Centro de Qualidade em Horticultura - CEAGESP, Av. Gastão Vidigal, 1946, São Paulo - SP.

<sup>6</sup> Prof. Dr., FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 16-1-2006

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 19-9-2006

As perdas podem ser reflexos da falta de utilização de tecnologias pós-colheita apropriadas, como, por exemplo, armazenamento e embalagem adequados a cada produto. De acordo com CORTEZ et. al. (2002) e THOMPSON (2002), a qualidade inicial do produto, o tipo de manuseio e o método de armazenamento utilizados influenciam na qualidade final do produto. Quanto mais baixa a temperatura, mais lentamente ocorrerão as reações químicas, as ações enzimáticas e o crescimento microbiano (HONÓRIO & MORETTI, 2002). Todavia, os produtos possuem diferentes níveis de tolerância à baixa temperatura.

Temperaturas abaixo do nível recomendado podem causar danos pelo frio, perda de sabor e aroma, escurecimento da casca ou polpa e perda da capacidade de maturação (NEVES FILHO, 1991a). A conservação da qualidade do produto ao longo da cadeia de distribuição de frutas e hortaliças é, portanto, aspecto fundamental em sistemas de comercialização.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), esses produtos caracterizam-se por serem sensíveis a mudanças indesejáveis de temperatura e umidade relativa do ambiente onde se encontram. Algumas vezes, essas alterações podem não ser notadas de imediato, mas serão observadas ao longo da cadeia de comercialização por meio da mudança de sabor, odor, firmeza e outras características de qualidade inerentes ao produto. Deste modo, quando bem implantada, a manutenção da cadeia do frio garante a conservação da qualidade durante a comercialização de frutas e hortaliças até que esses produtos cheguem à mesa do consumidor (NEVES FILHO, 1991b).

Armazenamento refrigerado remete ao conceito de carga térmica, uma vez que esse termo representa a retirada de calor gerado pelo produto armazenado para reduzir sua temperatura até o nível desejado. A quantidade de calor a ser removida pode ser calculada conhecendo-se o produto, seu estado inicial, massa, calor específico, temperatura de início de congelamento e calor latente (ASHRAE, 1993).

Dentro desse contexto, neste trabalho, avaliaram-se as câmaras frias destinadas ao armazenamento de frutas e hortaliças na CEAGESP, identificando suas atuais condições de funcionamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi realizada na CEAGESP (SP), no ano de 2003, avaliando-se 118 câmaras frias, representando 65,60% do total de 180 câmaras presentes naquele entreposto. As câmaras frias que não foram analisadas estavam fechadas, ou em fase de instalação ou não sendo permitido o acesso pelo proprietário.

Para a avaliação das câmaras frias utilizadas para a estocagem de frutas e hortaliças na CEAGESP (SP), utilizou-se de uma planilha contendo os seguintes parâmetros: (1) tipo e quantidade de produto armazenado; (2) volume mensal de produto armazenado e identificação das embalagens utilizadas; (3) condições externas e internas de temperatura de bulbo úmido e seco; (4) dimensões e tipo de material isolante utilizado nas tubulações; (5) dimensões e tipo de material isolante utilizado nas câmaras; (6) piso da câmara, e (7) equipamento utilizado no sistema frigorífico (unidade condensadora, compressor, evaporador e válvula de expansão). Os produtos comercializados nesse entreposto são estocados para posterior comercialização.

Para a obtenção das informações referentes ao funcionamento das câmaras, foram utilizados os seguintes instrumentos, devidamente aferidos: (a) termômetro de bulbo seco e bulbo úmido, para determinar a condição interna da câmara; (b) indicador de umidade relativa; (c) paquímetro para medir os diâmetros das tubulações, e (d) trena para medidas de comprimento das tubulações.

### Análise dos dados

Com os dados obtidos, realizaram-se cálculos para a determinação da carga térmica e análises da operação do sistema. Para o cálculo da carga térmica, utilizou-se da metodologia descrita em ASHRAE (1998), considerando os parâmetros: (1) *transmissão*: calor transmitido pelas paredes, piso e teto da câmara fria; (2) *infiltração*: cada vez que a porta da câmara fria é aberta, o ar externo penetra em seu interior, representando uma carga térmica adicional. Porém, a determinação exata

desse volume de ar é difícil, sendo, para tanto, adotados valores aproximados para o número de trocas por dia, conforme indicados na ASHRAE (1998); (3) *produto*: nesse caso, dois aspectos foram considerados: carga térmica de resfriamento do produto e carga térmica relativa à taxa de respiração do mesmo, uma vez que frutas e hortaliças continuam seu metabolismo mesmo após se destacarem das plantas de origem, desde que não sofram congelamento. Somando-se o valor calculado em cada item, obtém-se a carga térmica total. Considerou-se um período de 16 a 20 h de operação dos equipamentos, de forma a possibilitar o degelo, as eventuais manutenções, e também possíveis sobrecargas de capacidade (NEVES FILHO, 2002). O cálculo foi realizado utilizando-se do “software” Cálculo de carga térmica e seleção de equipamento frigorificado (Macquay do Brasil), conforme indicado por NEVES FILHO (2000). Com o valor da carga térmica ( $\text{kcal h}^{-1}$ ) e o dimensionamento dos equipamentos frigoríficos obtidos por meio do “software” adotado, realizou-se a comparação entre as potências dos motores recomendados com aqueles empregados no entreposto em questão. Os equipamentos frigoríficos possuem custo consideravelmente alto e geralmente são selecionados pela carga térmica total. Para otimizar as variáveis do cálculo, é de fundamental importância conhecer a temperatura de entrada do produto.

Os dados iniciais utilizados para o cálculo da carga térmica foram de acordo com o “software” utilizado: dimensão da câmara fria (m), estimativa da temperatura de entrada do produto a ser armazenado ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura de armazenamento ( $^{\circ}\text{C}$ ), tipo de isolante térmico e espessura do mesmo (m), tipo de tubulação, iluminação, número de pessoas que têm acesso à câmara, tempo de operação do compressor, quantidade de unidades condensadoras, quantidade de evaporadores por unidade condensadora.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos resultados obtidos durante a pesquisa, observou-se a presença de quatro grupos predominantes (Figura 1): (1) permissionários que trabalham com maçã e pêra, destinando 50,00% das câmaras frias para o armazenamento desses produtos; (2) aqueles que trabalham com banana, totalizando 31,30% das câmaras; (3) distribuidores de frutas e hortaliças em geral (13,60%), e (4) permissionários que comercializam congelados, utilizando 5,10% das câmaras para esse fim.

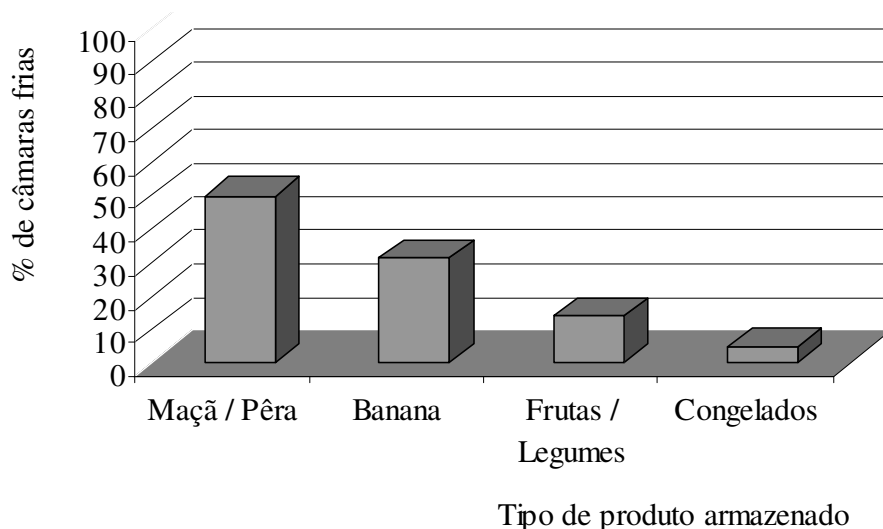


FIGURA 1. Diferentes produtos armazenados nas câmaras frias da CEAGESP (SP).

Nas câmaras utilizadas para estocagem de frutas e hortaliças, ocorre a mistura de diferentes produtos, em muitos casos incompatíveis com o armazenamento refrigerado. Em uma mesma câmara, observou-se o armazenamento conjunto de: morango, melão, alface, laranja, maçã, uvas e cebolinha. Esses produtos pertencem a grupos diferentes quanto à sensibilidade pelo frio. De acordo com KADER (2002), por exemplo, a maçã (temperatura de estocagem indicada  $0 \pm 1$   $^{\circ}\text{C}$ ), o morango ( $0 \pm 0,5$   $^{\circ}\text{C}$ ), a alface ( $0$   $^{\circ}\text{C}$ ) e a uva ( $1 \pm 0$   $^{\circ}\text{C}$ ) não são sensíveis a danos pelo frio, enquanto a laranja é um produto sensível, com temperatura indicada para estocagem de 3 a 8  $^{\circ}\text{C}$

por três meses, dependendo da cultivar e grau de maturação. Portanto, a laranja deveria estar armazenada em outra câmara fria. Embora o morango, a alface e a uva pertençam ao mesmo grupo que a maçã quanto à sensibilidade ao frio, os três primeiros são classificados como tendo baixa produção de etileno, ou seja, abaixo de  $0,1\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , enquanto a maçã possui alta produção de etileno, entre  $10$  e  $100\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . O armazenamento conjunto expõe o morango, a alface e a uva à alta quantidade de etileno, provocando a aceleração do seu processo de senescência (KADER, 2002). Muitas câmaras frias não apresentavam processo de ventilação, o que pode agravar ainda mais a exposição ao etileno.

Para maçã, pêra e banana, identificaram-se as temperaturas internas das câmaras frias (Figura 2), o que é importante para avaliar se os produtos estão estocados dentro de condições ideais para a manutenção de sua qualidade, o que pode resultar em desordens fisiológicas (KADER, 2002). Observa-se, na Figura 2, que 60,00% das câmaras são mantidas numa faixa de temperatura de  $0^\circ\text{C}$  a  $6^\circ\text{C}$ . Porém, segundo MITCHAM et al. (2004), a temperatura ótima de estocagem para maçã e pêra é, respectivamente,  $0 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $-1 \pm 0^\circ\text{C}$ , indicando que apenas 13,56% das câmaras estavam em condições adequadas de estocagem para esses dois produtos (Figura 2). A banana caracteriza-se por ser sensível ao frio, sendo sua temperatura mínima de segurança para estocagem, segundo HONÓRIO & MORETTI (2002), de  $12^\circ\text{C}$ . Abaixo dessa temperatura ocorre o escurecimento da casca do fruto, diminuindo seu valor comercial. KADER (2004) recomenda  $13-14^\circ\text{C}$  para a estocagem e o transporte de bananas, e  $15-20^\circ\text{C}$  para seu amadurecimento. A temperatura mais utilizada para a estocagem de bananas, na CEAGESP, está situada na faixa de  $16-18^\circ\text{C}$ , ou seja, 43,24% das câmaras frias (Figura 2).

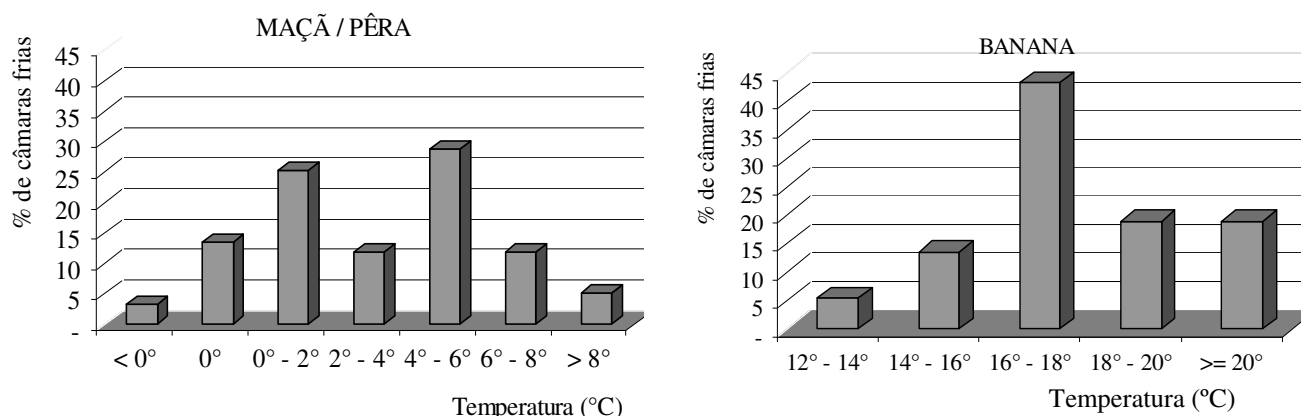


FIGURA 2. Temperatura interna das câmaras frias da CEAGESP (SP), utilizadas para maçã, pêra e banana.

Em relação à embalagem utilizada para armazenamento dos produtos, observou-se que 31,36% dos permissionários entrevistados só utilizam caixas de madeira; 18,64% embalagens de papelão, madeira e plástico; 21,19% utilizam embalagens de papelão; 17,80% embalagens de papelão e madeira; 8,47% embalagens de papelão e plástico, e um pequeno número de 2,54%, só utilizam embalagens de plástico. Segundo MORETTI & SARGENT (2000) e COSTA & CAIXETA FILHO (1996), a utilização da caixa de madeira provoca danos indesejáveis para a qualidade dos produtos, pois propicia a proliferação de patógenos, sendo reutilizada sem uma sanitização adequada. A rugosidade que esse tipo de caixa possui, também causa danos nos produtos devido à abrasão. A presença de machucados provocará aumento na perda de água e, por consequência, redução do peso e da qualidade.

Em relação ao material isolante utilizado nas tubulações, destaca-se que 67,80% das câmaras frias não utilizam nenhum tipo de revestimento. Os isolamentos utilizados dividiram-se em poliestireno de menor densidade (11,86%) e alta densidade (1,70%), com variação na espessura entre 10,00 cm e 20,00 cm; poliuretano expandido (16,10%), com espessura variando de 3,50 cm a 15,00 cm, e borracha (2,54%), com espessuras de 3,50 cm a 10,50 cm. O uso ou não do material isolante pode influenciar na eficiência do funcionamento do sistema.

Quanto aos revestimentos das câmaras frias, identificou-se o uso de poliestireno com espessura de 10,00 cm (77,97%); poliuretano com espessura entre 5,00 cm e 15,00 cm (18,64%), e sisal com espessura de 18,00 cm, em 3,39% das câmaras. Identificou-se que 55,93% das câmaras possuem piso de concreto e 30,51% utilizam estrado de madeira.

Segundo NEVES FILHO (2002), o emprego de proteção nas portas (cortinas) das câmaras frias pode reduzir a carga térmica em até 80%, com a utilização de portas tipo impacto, e de 60% a 80% com a utilização de cortinas de ar verticais. Na Figura 3, tem-se que a utilização de proteção contra a infiltração de ar nas câmaras é pequena. Das câmaras que armazenam produtos congelados, 50% usam cortinas plásticas, enquanto para maçã, 31,00%, e para outras frutas e hortaliças somente 7,00%. A falta de proteção (cortina) contra infiltração de ar nas portas mostra-se um problema sério, principalmente em câmaras que trabalham com temperaturas baixas, como é o caso da maçã e da pêra. Em muitas câmaras, as cortinas plásticas existem, mas são amarradas e colocadas de lado ou, muitas vezes, possuem tiras cortadas, para não atrapalhar a circulação de pessoas e mercadorias, perdendo, portanto, a sua finalidade de uso.

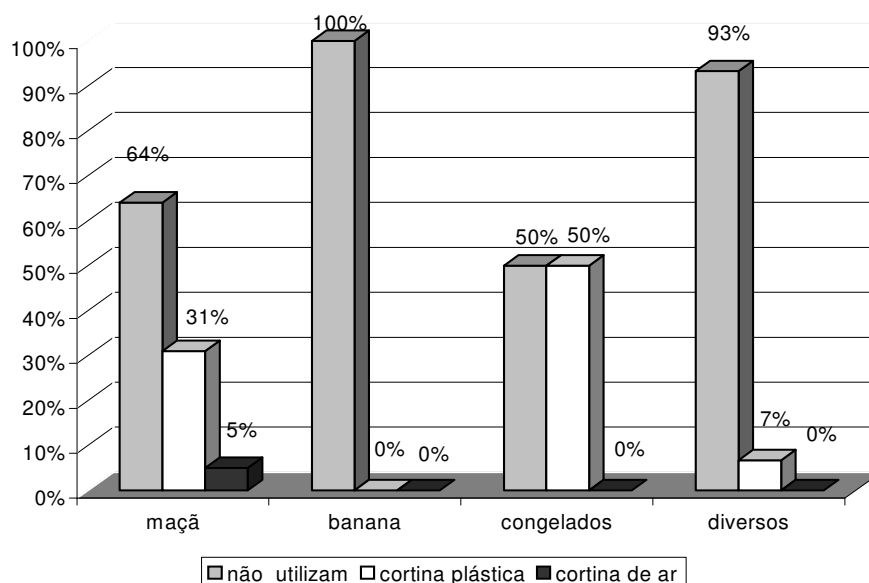


FIGURA 3. Comparação entre os valores recomendados de capacidade calorífica e os valores observados nos equipamentos frigoríficos das câmaras frias que estocam maçã e pêra.

A análise da capacidade calorífica foi dividida entre os grupos de produtos já classificados anteriormente: maçã/pêra, banana, frutas/legumes e congelados. Diante dos resultados apresentados (Figuras 4 a 7), observa-se que podem ser consideradas três categorias de situação relativas ao funcionamento das câmaras frias. Na primeira categoria, estão as câmaras com capacidade calorífica superior à recomendada ou superdimensionada; a segunda categoria com capacidade inferior ou subdimensionada, e a terceira são aquelas que estão compatíveis com o valor recomendado.

Na Figura 4, observa-se que 69,77% das 43 câmaras frias que armazenam maçã e pêra, estão com capacidade calorífica superdimensionada; 20,93% apresentam-se com capacidade subdimensionada, e 9,30% com condição adequada.

Nas câmaras que estocam banana (Figura 5), pode-se identificar que não houve a ocorrência de funcionamento adequado em nenhuma câmara analisada, pois 80,00% estão superdimensionadas e 20,00% subdimensionadas. Em geral, essas câmaras possuíam estrutura para climatização de frutos.

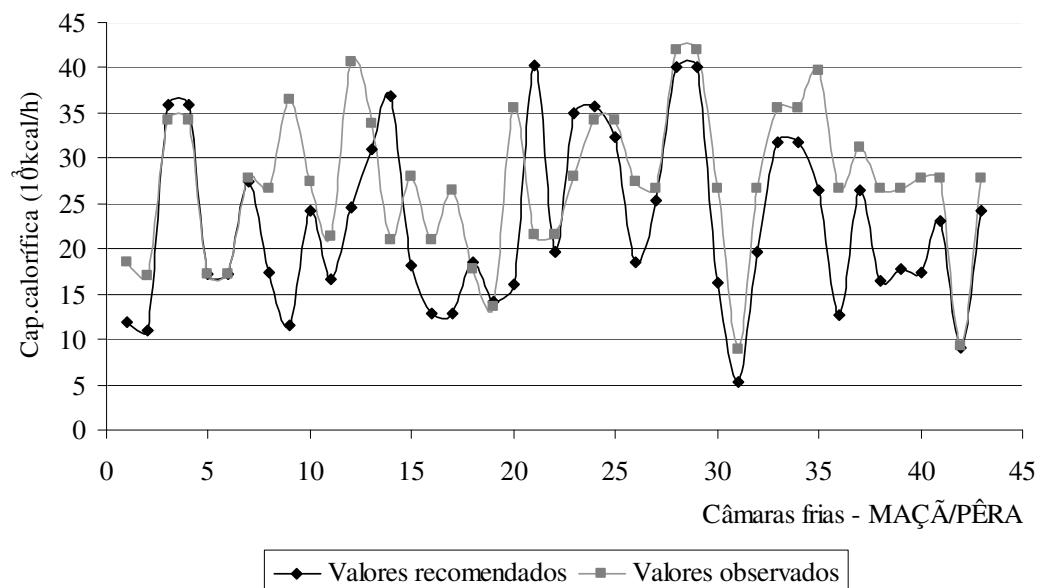


FIGURA 4. Comparação entre os valores recomendados de capacidade calorífica e os valores observados nos equipamentos frigoríficos das câmaras frias que estocam maçã e pêra.

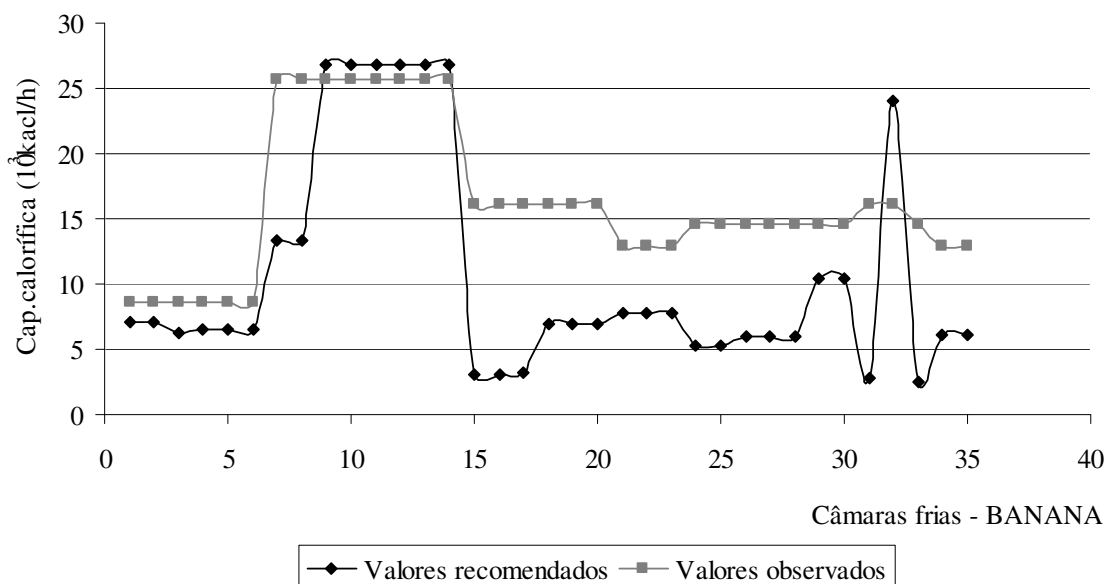


FIGURA 5. Comparação entre os valores recomendados de capacidade calorífica e os valores observados nos equipamentos frigoríficos das câmaras frias que estocam banana.

Para as câmaras que estocam frutas e legumes (Figura 6), identificou-se que 62,50% estão superdimensionadas e 37,50%, subdimensionadas. Durante o período da pesquisa, nenhuma câmara fria de armazenamento de frutas e legumes estava em condições adequadas ao funcionamento. Para os produtos congelados (Figura 7), identificou-se que 83,33% das câmaras frias estavam superdimensionadas e 16,67% com condição adequada.

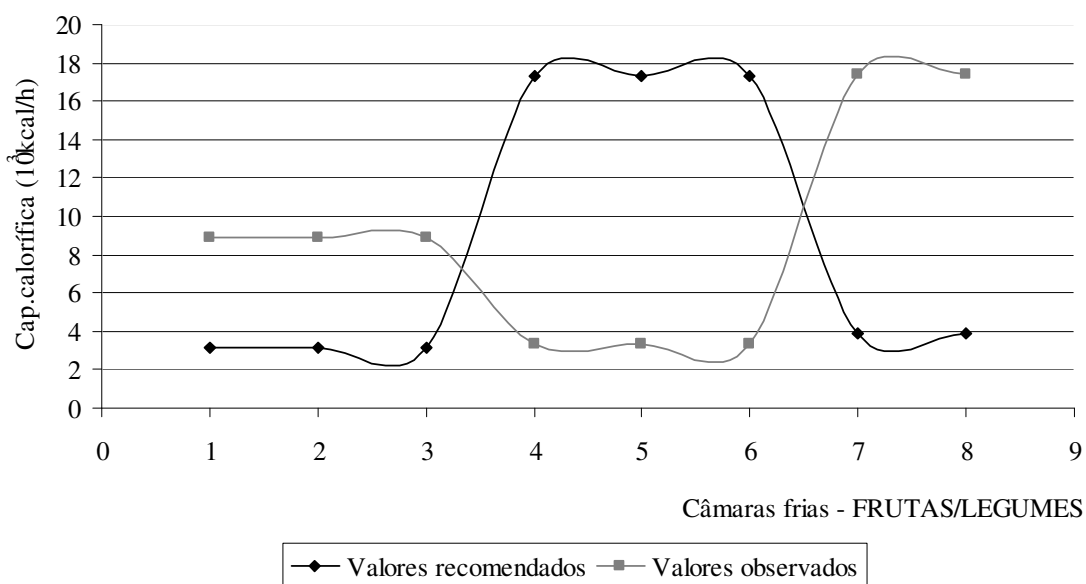


FIGURA 6. Comparação entre os valores recomendados de capacidade calorífica e os valores observados nos equipamentos frigoríficos das câmaras frias que estocam frutas e legumes.

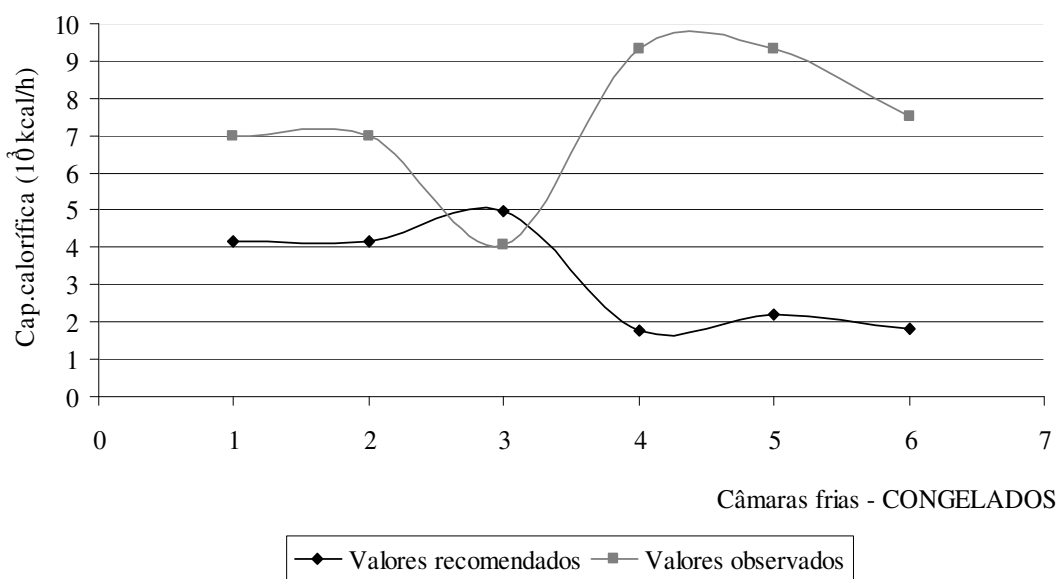


FIGURA 7. Comparação entre os valores recomendados de capacidade calorífica e os valores observados nos equipamentos frigoríficos das câmaras frias que estocam congelados.

### CONCLUSÕES

Foi constatada deficiência na estrutura de armazenamento de frutas e hortaliças no Entrepasto pesquisado. As câmaras frias, em sua maioria, não estavam adequadas para as condições de estocagem, principalmente em relação à temperatura requerida para armazenamento dos produtos. O funcionamento inadequado das câmaras frias, naquelas que indicaram super e subdimensionamento, pode trazer, como conseqüência, a perda na qualidade do produto ao longo de seu armazenamento, além de proporcionar maior gasto energético diante da má utilização desses equipamentos. Por isso, um projeto de manutenção (freqüente e eficiente) deve ser inserido na rotina desses permissionários de forma a permitir melhor funcionamento de seus equipamentos frigoríficos. A manutenção preventiva proporciona maior vida útil do equipamento, menor tempo de reparos e, portanto, otimizando o uso. Deve ser empregada a correta instalação de proteção nas portas (cortinas), sejam essas de plástico ou ar, minimizando a renovação do ar no interior da

câmara fria, contribuindo também para a redução do consumo de energia elétrica dos equipamentos frigoríficos.

## REFERÊNCIAS

- ASHRAE. Thermal properties of foods. *Fundamentals handbook*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, 1993. 980 p.
- ASHRAE. *Refrigeration systems and applications handbook*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, 1998. 1001 p.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990. 302p.
- CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; NEVES FILHO, L.C.; MORETTI, C.L. Importância do resfriamento para frutas e hortaliças no Brasil. In: CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C. L. (Ed.) *Resfriamento de frutas e hortaliças*. Campinas: UNICAMP/EMBRAPA, 2002. p.17-35.
- COSTA, F.G.; CAIXETA Filho, J.V. Análise das perdas na comercialização de tomate: um estudo de caso. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.26, n.12, p.9-24, dez. 1996.
- HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. Fisiologia pós-colheita de frutos e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. (Ed.). *Resfriamento de frutas e hortaliças*. Campinas: UNICAMP/EMBRAPA, 2002. p. 59-81.
- KADER, A.A. *Banana: recommendations for maintaining postharvest quality*. Department of Vegetables Crops. University of Califórnia, Postharvest Technology. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/banana.shtml>>. Acesso em: jul. 2004.
- KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. 3<sup>rd</sup> ed. Berkeley: University of California, 2002. p.39-47. (Publication, 3311)
- MITCHAM, E.J.; CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. *Apple 'Fuji': Recommendations for maintaining postharvest quality*. Department of Vegetables Crops. University of California, Postharvest Technology. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/fuji.shtml>>. Acesso em: jul. 2004.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.57, n.3, p.385-8, jul-set. 2000.
- NEVES FILHO, L.C. *Efeitos de baixas temperaturas em alimentos*. Campinas: UNICAMP-FEA, 1991a. 28 p. Relatório interno.
- NEVES FILHO, L.C. *Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos*. São Paulo: Instituto Brasileiro do Frio/ABRAVA/SINDRATAR, 1991b. 186 p.
- NEVES FILHO, L.C. *Alimentos e refrigeração*. Campinas: UNICAMP/FEA, 2000. 385 p.
- NEVES FILHO, L.C. Carga térmica. In: CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. (Ed.). *Resfriamento de frutas e hortaliças*. Campinas: UNICAMP/EMBRAPA, 2002. p.123-39.
- THOMPSON, J.T. Storage systems. In: KADER, A.A. (Ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. 3<sup>rd</sup> ed. Berkeley: University of California, 2002. p.113-22. (Publication 3311)