

## Análise econômica preliminar de uma unidade de resfriamento a vácuo de alface.

Luís A.B. Cortez; Lincoln C. Neves Filho ; João L. Cardoso

USP – UNICAMP, C. Postal 6011, CEP 13.083-970 - Campinas, SP, e.mail: cortez@agr.unicamp.br

### RESUMO

A cadeia do frio é uma necessidade para a valorização da produção de frutas e hortaliças no Brasil. A fim de implantar uma cadeia do frio há que se considerar o resfriamento do produto. Este trabalho trata de uma técnica conhecida como resfriamento a vácuo que permite o tratamento de hortaliças visando reduzir suas perdas. Assim, foi realizada uma análise econômica de uma unidade de resfriamento a vácuo para alface. Analisou-se os custos fixos e operacionais envolvidos assim como procurou-se quantificar os benefícios derivados da adoção desta tecnologia considerando as perdas hoje existentes. Os resultados indicam uma boa viabilidade econômica (tempo de retorno inferior a 1 ano) para o projeto apesar do elevado investimento inicial.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa, refrigeração, cadeia do frio, perdas pós-colheita.*

### ABSTRACT

**Preliminary economic analysis of lettuce vacuum cooling system in Brazil.**

This paper presents an economic analyzes of a vacuum pre-cooling unit for lettuce in Brazil. The fixed and local operational costs were considered and the benefits derived from the investment were quantified considering the actual losses of horticultural products. The obtained results indicate a satisfactory period of return for the project (less than 1 year) although the investment is considered quite high.

**Keywords:** *Lactuca sativa, refrigeration, pre-cooling, cold chain, post-harvest losses.*

(Aceito para publicação em 14 de setembro de 2.000)

### Perdas pós-colheita e a “cadeia do frio”

O aumento da produção de alimentos é uma preocupação constante em todos os países. Além das técnicas de produção, as pesquisas científicas têm propiciado melhor qualidade e aumento na produtividade. Nos países em desenvolvimento, a produtividade para a maioria dos produtos hortifrutícolas ainda não é competitiva com a dos países desenvolvidos sendo a grande meta para estes a diminuição das perdas pós-colheita e o aumento do tempo de prateleira do produto.

Os números de desperdício e/ou perdas no Brasil já é alarmante assim como sua relação com os valores de mortalidade infantil por desnutrição. Segundo MAARA (1993), as perdas aproximadas de frutas em nível nacional entre 1990 e 1992 variaram entre 10 e 15% para maçã a até 40% para banana, mamão papaia, manga e caju. Também, de acordo com Tsunehiro *et al.* (1994) as perdas na comercialização de hortaliças e frutas na cidade de São Paulo variaram de 10 a 15%, entre vendas em supermercados, quitandas e feiras livres.

As frutas e hortaliças são fontes ricas em nutrientes necessários ao homem, sendo recomendado seu consumo em todas as dietas. Estudos desenvolvidos por Melo (1992), oferecem projeções de consumo de alimentos para os próximos dez anos os quais estão diretamente associados aos índices de crescimento demográfico e social e onde o setor de frutas apresenta o maior valor seguido do leite, carne bovina, carne de frango, hortaliças e carne suína.

O Brasil é um dos maiores produtores hortifrutícolas, entretanto, apresenta menor desempenho quando se trata de mercado exportador. A produção nacional de frutas de 1990 representou segundo a Organização de Alimentação e Agricultura da Organização das Nações Unidas 8% da produção mundial (FAO, 1991). Os valores de perdas pós-colheita são alarmantes, reportando-se uma média de perdas entre 30-40% da produção total.

Segundo dados da EMBRAPA (1993), na safra de 1992 no Estado de São Paulo a produção total de produtos hortifrutícolas foi de 11.270.472 t das

quais 3.672.332 t foram perdidas, o que representou 35% de perdas com um valor estimado de mais de US\$ 1 bilhão de dólares.

No setor de exportações o país embarcou em 1995, 228 mil toneladas de frutas frescas, com uma queda de 36,4% sobre o volume exportado em 1994, consequência direta dos melhores preços praticados internamente devido o Plano Real. Isto representou uma entrada de US\$ 103 milhões de dólares, quantia bastante inferior a 1994, que foi de US\$ 128 milhões de dólares.

Entre as principais causas destas perdas pós-colheita estão o uso de embalagens inadequadas, falta de transporte adequado, não utilização do frio para a armazenagem logo após a colheita e fatores climatológicos entre outros.

A refrigeração é tecnicamente o único método conhecido que conserva o produto com características desejáveis semelhantes a seu estado inicial, ou seja com aparência, sabor, valor nutritivo, além das suas vitaminas ou textura, maciez e cor. Ainda, a refrigeração retarda o processo de maturação e senescência,

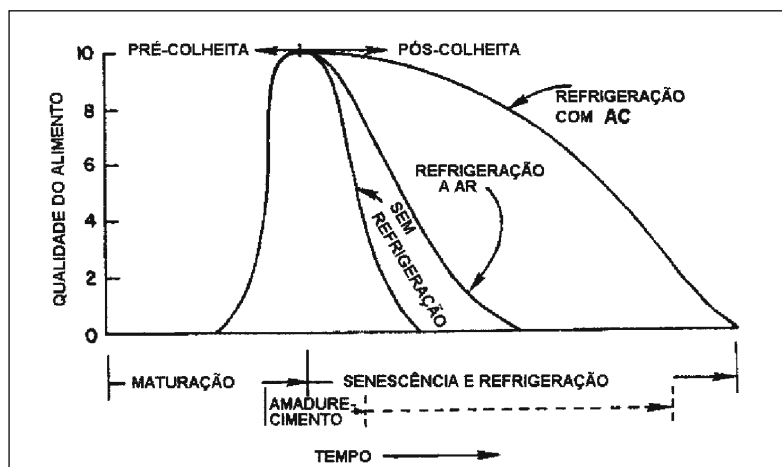


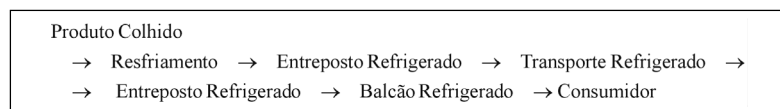
Figura 1. Influência de vários sistemas de estocagem pós-colheita na qualidade de produtos hortícolas (Bartsh & Blanpied, 1984).

devido ao fato de que os mesmos experimentam processos fisiológicos e patológicos em função direta da temperatura (Neves Filho, 1993). A figura 1 mostra uma função entre a qualidade do produto e o tempo pós-colheita para três tratamentos: sem refrigeração, com refrigeração e com atmosfera controlada.

A partir do momento em que a fruta ou hortaliça é colhida, tem início uma série de processos que levarão a perda da qualidade das mesmas. A conjunção de esforços envolvendo estocagem em ambiente controlado, correto manuseio e boas estruturas de comercialização poderiam acarretar grandes benefícios tanto ao produtor como ao consumidor.

Após a colheita, o resfriamento é o primeiro passo a ser dado para uma conservação adequada de frutas e legumes (Ryall & Lipton, 1972). Um atraso entre a colheita e o pré-resfriamento provoca automaticamente uma deterioração prematura do produto. Esta deterioração se traduz por uma perda de "firmeza" e de água nos produtos causada pela própria respiração (Sastry & Buffington, 1983). Esta deterioração é função da duração do atraso no resfriamento após a colheita, da temperatura e da natureza do produto (Mitchell, 1992). Deve-se também notar que, mesmo se um produto for resfriado, ele não se conservará bem se não for mantido frio até o seu consumo final. Esta conservação num meio refrigerado é denominada "cadeia do frio". Cada etapa da conservação e da manipulação das fru-

tas e legumes no meio refrigerado constitui um elo da cadeia que não deve ser quebrado. Quando por alguma razão, a cadeia do frio é quebrada, diminui-se automaticamente o período de conservação pela diminuição da qualidade do produto que respirará mais rapidamente e utilizará as suas reservas. Utilizar a "cadeia do frio" é submeter o produto a uma seqüência de refrigeração que se estende desde a colheita até o consumo final. Esquemáticamente pode-se dizer que a cadeia do frio para um produto fruti-hortícola seria composta pelos seguintes elos:



Essa permanência dentro da cadeia do frio vai garantir ao consumidor a vantagem de um produto de melhor qualidade (mais 'crocante', com menos partes descartáveis, com melhor aproveitamento do que foi comprado); ao comerciante garantirá menos perdas, aumento no tempo de comercialização e satisfação do consumidor; Ainda o agricultor terá o benefício de menor desperdício e maior renda.

Na América do Norte a utilização de tecnologias de resfriamento de produtos hortícolas e a manutenção da cadeia do frio em todas as etapas da colheita à mesa do consumidor é cada vez mais conhecida e sobretudo empregada. As

tecnologias utilizadas no Canadá e nos EUA serão via de regra facilmente utilizáveis em países como o Brasil. Mesmo assim, certas modificações devem ser feitas nestes sistemas para adaptá-los às condições de utilização no Brasil e a certos produtos tropicais que não são cultivados na América do Norte.

Perdas na quantidade e qualidade ocorrem em produtos hortifrutícolas entre a colheita e o consumo. A magnitude das perdas pós-colheita em frutos e vegetais frescos é estimada entre 5 e 25% em países desenvolvidos e entre 20 e 50% em países em desenvolvimento, dependendo do produto.

Frutos e vegetais frescos são tecidos vivos os quais são sujeitos a uma contínua mudança após a colheita. Enquanto algumas mudanças são desejáveis, a maioria não o é do ponto de vista do consumidor. Mudanças pós-colheita em produtos frescos não podem ser evitadas, mas podem ser reduzidas dentro de certos limites. Senescência é um estágio terminal no desenvolvimento das plantas durante o qual uma série de processos irreversíveis conduzem ao colapso celular e à morte.

Produtos hortifrutícolas têm uma estrutura morfológica diferenciada (raízes, caules, folhas, frutos etc.), composição e fisiologia geral. Portanto, os requerimentos de cada produto para uma vida

pós-colheita máxima varia entre os diferentes grupos de *commodities*. A maior parte das culturas hortifrutícolas frescas tem alto teor de água e estão sujeitos a desidratação e a injúrias ou danos mecânicos. Eles são também suscetíveis ao ataque por bactéria e fungos resultando em alguma patologia.

Como geralmente a colheita de frutas e hortaliças é realizada em dias quentes, estas acumulam a energia proveniente da incidência da radiação solar sobre elas. Estudos realizados têm mostrado que as frutas e hortaliças expostas ao sol podem ser aquecidas vários graus acima da temperatura ambiente, dependendo da coloração do produto (Mitchell, 1990).

Mesmo quando se procura evitar a incidência direta dos raios solares nestes produtos, as elevadas temperaturas remanescentes no campo, nos caminhões de transporte e nos galpões de embalagens contribuem para a manutenção ou para o acúmulo maior de energia.

### **Técnicas de resfriamento para frutas e hortaliças**

O estabelecimento de técnicas de resfriamento é primordial para a conservação de produtos hortícolas de qualidade. As quatro técnicas de resfriamento atualmente mais utilizadas nos países industrializados de alta renda são: resfriamento a ar forçado (*forced air cooling*), com água gelada (*hydro cooling*), com uma mistura de água e gelo também denominado gelo líquido (*liquid ice cooling*) e à vácuo (*vacuum cooling*) (ASHRAE, 1994).

O resfriamento a ar não é recomendado para folhas pelo longo tempo de resfriamento devido à incapacidade do ar em passar através da massa de folhas ou baixa porosidade dos produtos folhosos. O resfriamento a água não é recomendado pois a mesma pode não atingir o centro do produto se o método empregado for tipo “ducha fria”. Além disso, a água poder se converter num veículo de contaminação. O gelo líquido apresenta problemas de dano físico e injúria pelo frio. Assim, o resfriamento a vácuo é a tecnologia recomendada para o tratamento de produtos folhosos como o alface e a rúcula onde a relação área/peso é elevada.

Quanto mais rapidamente a temperatura do produto for reduzida perto da sua ótima de armazenamento, tanto maior será a vida pós-colheita desses produtos. Isto é particularmente importante para aqueles produtos altamente perecíveis ou que tenham uma vida pós-colheita naturalmente curta. De forma geral se diz que a cada 10°C na redução da temperatura, ter-se-á uma atividade respiratória de duas a quatro vezes menor. Por exemplo, as maçãs amadurecem com a mesma velocidade num dia a 21°C que em dez dias a 1°C. Portanto, na espera no pomar ou no galpão até ser estocadas em frio poderá reduzir o tempo de estocagem em até 20 dias, mesmo que o produto seja posteriormente estocado a 1°C (Neves Filho, 1992).

Uma solução possível para a retirada do chamado “calor de campo” é o resfriamento rápido de produtos pós-colheita seguida da estocagem frigorificada, e posterior transporte até os pontos de comercialização, como é citado por Neves Filho (1993).

O resfriamento rápido refere-se à rápida remoção do calor de campo de produtos agrícolas perecíveis após a colheita, antes que eles sejam transportados a longas distâncias ou armazenados. Esta é uma operação distinta da estocagem frigorífica, que requer instalações e equipamentos especiais. Este processo pode ser realizado com o uso de vácuo, gelo líquido, água e ar, tendo um importante papel associado à otimização de todo o complexo de estocagem e distribuição frigorificada em função de critérios técnico-econômicos.

### **Resfriamento a vácuo de hortaliças**

Este método é muito empregado, particularmente nos EUA, para folhas tais como alfaces pois sua eficiência depende fortemente da área de exposição. O resfriamento ocorre ao colocar o produto sob vácuo. À pressão muito próxima do vácuo absoluto a água evapora-se da superfície do produto (a 4,6 mm Hg a água evapora-se a 0°C). A eficiência do resfriamento depende, como já foi dito, da relação superfície/massa do produto pois a evaporação da água se dá na superfície do mesmo.

O princípio do resfriamento a vácuo é o de extrair o calor do produto pela evaporação de uma pequena fração de água que ele contém (cada 1% de água evaporada faz baixar em 6°C a temperatura do produto). A evaporação e o resfriamento podem ser feitos rapidamente mesmo se o produto é difícil de ser resfriado até o centro, como a alface, ou se o produto está embalado pronto para ser colocado no mercado. Por exemplo, a alface pode ser entregue em paletes contendo 25 caixas de papelão com 24 pés de alface cada. O resfriamento deste produto em câmara fria será longo demais afetando a qualidade final. A duração típica do ciclo de resfriamento a vácuo é de 30 minutos, em média.

### **Histórico do resfriamento a vácuo**

O resfriamento a vácuo foi inicialmente utilizado em 1948 quando 34 va-

gões de alface foram resfriados por este método em Salinas, Califórnia. As vantagens desta técnica foram tão evidentes que a partir de 1954, entre 40 e 85% da alface da Califórnia e do Arizona foram refrigerados a vácuo para depois, rapidamente, atingir 100% do produto comercializado.

Hoje, na América do Norte, há locação e venda de equipamentos portáteis a vácuo. Inclusive, alguns dos sistemas comercializados possuem o resfriamento a vácuo com umidificação para repor parte da água perdida pelo produto quando do resfriamento.

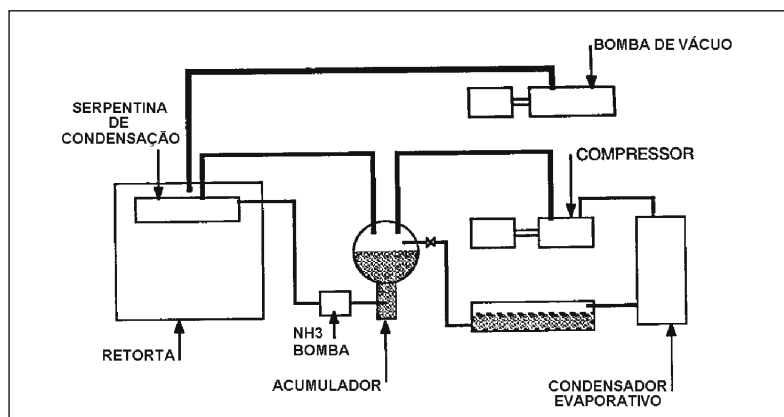
Como ainda se trata de uma tecnologia nova no Brasil não há notícia da adoção de resfriamento a não ser por ar e água gelada. Mesmo nestes casos o uso do resfriamento é restrito a casos isolados e em número muitíssimo reduzido no país. No caso específico do vácuo a tecnologia é totalmente desconhecida no Brasil apesar de apresentar um bom potencial em função de suas vantagens.

### **Tecnologia e descrição do sistema de resfriamento a vácuo**

O sistema consiste em uma câmara de vácuo; um sistema de vácuo com uma bomba acoplada a um motor; um sistema de refrigeração com um compressor, resfriador indireto com etileno glicol passando na serpentina de condensação (*chiller*) e demais componentes (bombas de amônia e de vácuo). Ainda seria interessante o emprego de uma empilhadeira, necessária para agilizar as operações de carga/descarga na câmara. Um esquema do resfriador a vácuo é mostrado na figura 2.

O ciclo de resfriamento é cerca de 30 minutos. A câmara a vácuo, construída de forma a resistir à pressão atmosférica cuja estrutura com perfis tipo H e placas de aço soldado e com capacidade para conter de 8 a 10 paletes de produto, teria dimensões de 5,6 m x 2,9 m x 3,6 m. O fabricante consultado foi “Les Soudures Guy Billette Inc.” de Québec, Canadá.

Já a bomba de vácuo deverá baixar a pressão de 760 mm Hg a 4 mm Hg e possuir capacidade para baixar a pressão até 20 mm Hg em 5 a 6 minutos. A bomba selecionada foi de marca Beach-Russ Co. modelo 750 WS-Recon, acio-



**Figura 2.** Esquema simplificado de um resfriador a vácuo com unidade de refrigeração de  $\text{NH}_3$  (BELZILE, 1996).

nada por um motor elétrico de 50 HP. O sistema de refrigeração utiliza amônia como refrigerante, um compressor marca Mycon, modelo F6WB acionado por um motor elétrico de 125 HP. É utilizado um trocador de calor para etileno glicol marca Chilcon modelo 24" x 144", um condensador evaporativo marca Baltimore Aircoil of Canada modelo VC1-150 com ventilador centrífugo. Note-se que o sistema de refrigeração deverá absorver grande quantidade de calor retirada da alface em pouco tempo (cerca de 30 minutos).

O resfriador usado para a condensação do vapor de água poderá ser do tipo de expansão direta enquanto que o refrigerante (amônia) circula diretamente no trocador. Outra solução possível seria o emprego de refrigeração indireta com circulação de glicol. É um método de mais fácil emprego envolvendo menos riscos onde pode-se também acumular frio. O reservatório empregado contém uma solução de etileno glicol de fabricação local com um volume útil aproximado de  $3,4 \text{ m}^3$ , um trocador de calor para condensação do vapor de água instalado no teto da câmara e composto de 280 tubos de aço de 1" de diâmetro interno no qual circula a solução.

O vapor de água evaporado do alface deverá ser condensado visto o elevado volume deste vapor a tais pressões. A título de exemplo, a  $10,1 \text{ mm Hg}$  um

kg de água ocupa aproximadamente  $96 \text{ m}^3$ . Para um ciclo normal de resfriamento deve-se evaporar cerca de  $180 \text{ kg}$  de água das folhas da alface ( $180 \times 96 = 17280 \text{ m}^3$ ) que deverão ser condensados no trocador de calor. As bombas de circulação de glicol selecionadas foram da marca Peerless, modelo F2-1050. A bomba para evaporador é de 25 CV e a do trocador de calor para a condensação do vapor d'água é de 30 CV. O reservatório de água para umidificação do produto foi instalado sob a câmara à vácuo. Tem uma capacidade de 760 litros. Uma bomba de 2 CV permite a aspersão da água sobre o produto.

#### Resfriamento a vácuo com adição de água (Sistema Hydro Vac)

O resfriamento a vácuo com adição de água, método conhecido como "hydro vac", é uma modificação recente que foi desenvolvido de forma a reduzir a perda de água, uniformizar o resfriamento quando o teor de água de algumas partes do produto são muito diferentes (exemplo: salsão) e aumentar a velocidade do processo de resfriamento. De modo geral as verduras "carnudas" são aptas a esta técnica de resfriamento. Com isto em mente, foi instalado um sistema de aspersão de água no interior da câmara a vácuo. Mais informações sobre este sistema em Belzile (1996).

O objetivo principal deste trabalho foi o de estudar e analisar economicamente a instalação de uma unidade de resfriamento a vácuo para alface, considerando as opções aluguel e aquisição do equipamento completo para o resfriamento e operação do mesmo. Ainda pretendeu-se estimar possíveis benefícios decorrentes da adoção da tecnologia do resfriamento a vácuo e da cadeia do frio.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Aspectos econômicos e energéticos do resfriamento a vácuo

Os estudos econômicos do resfriamento permitem determinar os parâmetros de trabalho dos sistemas de resfriamento em função do custo mínimo. Por exemplo, um dos fatores a considerar para a redução dos tempos de resfriamento é a diminuição do tempo por ciclo, enfim, minimizar os custos da operação.

Os custos do resfriamento a vácuo, apesar de não serem os mais elevados se comparado a outros métodos ainda são significativos a nível do investimento total requerido pois estes sistemas, só se viabilizam para grandes quantidades de produto. Também do ponto de vista energético há um grande trabalho ainda a ser realizado pois os resfriadores a vácuo requerem grandes motores (para o acionamento do compressor e da bomba de vácuo) o que torna a opção também um tanto onerosa quanto aos custos operacionais.

### Estudo de viabilidade econômica da tecnologia de resfriamento a vácuo no Brasil

O presente trabalho propõe efetuar um estudo preliminar de viabilidade econômica da tecnologia de resfriamento a vácuo para alface nas condições econômicas do Brasil<sup>1</sup>. Neste estudo consideraremos uma unidade de demonstração experimental didática de um resfriador à vácuo que resfriaria 1 caixa de produto por vez. Esta unidade compreende um sistema de refrigeração para resfriar glicol a  $-20^\circ\text{C}$  e um trocador de calor Glicol/Ar para condensar os vapores de

<sup>1</sup> Estas condições econômicas são muito variáveis e portanto foram necessárias diversas considerações de forma a viabilizar o estudo.

água que saem dos produtos agrícolas quando resfriados, uma bomba de vácuo capaz de fazer de 2 à 3 mm de Hg, um reservatório ou tanque estanque ao ar e capaz de suportar vácuo absoluto.

A análise econômica foi conduzida de forma a estimar os custos fixos e variáveis apresentados na tabela 3. O resfriamento corresponde a cerca de 1/3 do investimento global com a cadeia do frio. Há que se ter uma rede de transporte refrigerado do local onde se faz o resfriamento aos entrepostos de comercialização até o consumidor.

De forma a comparar custos foi feita uma análise preliminar de dois cenários mais prováveis de utilização da tecnologia do resfriamento a vácuo com adição de água (sistema Hydro Vac). As duas alternativas mais prováveis são o aluguel da unidade e a aquisição do sistema. Em ambos os casos são considerados os seguintes itens dentro da formação de custos: *Custos Fixos* (referentes ao aluguel ou aquisição do sistema) e *Custos Variáveis* (energia elétrica, água, gás da empilhadeira, manutenção periódica e preventiva, trabalhadores). Em ambos os casos são considerados os custos fixos e os custos variáveis, considerando-se as necessidades da unidade de resfriamento, com o local que abriga o sistema e com a empilhadeira. Em ambos os casos, a título de comparação, foi calculado o custo de resfriamento por caixa de 24 unidades de produto cada.

#### **Custos fixos**

Cada ciclo de 30 minutos permite resfriar 10 paletes de 25 caixas de alface. Portanto, neste período, pode-se refrigerar 250 caixas. Adotando-se 10 horas como jornada de trabalho e um fator de utilização de 20 dias/mês que considera paradas para manutenção, quebra e fins-de-semana e feriados, tem-se 100.000 caixas de produto/mês.

- Custo do Aluguel : US\$ 36.400,00/safra<sup>2</sup> (3 meses)

Portanto, o custo mensal é de US\$ 12.133,00 e o custo do aluguel por caixa de produto de US\$ 0,1213.

- Custo de Aquisição: US\$ 246.000,00<sup>3</sup>

Considera-se uma vida útil de 10 anos para o equipamento (em média) e um valor de venda do equipamento ao final da vida útil desprezível em relação ao valor inicial. Portanto, a depreciação do capital seria US\$ 24.600,00/ano e para 9 meses de uso anual, este custo seria de US\$ 2.733,00/mês ou de US\$ 0,0273 por caixa de produto.

Quanto aos juros<sup>4</sup>, estes são calculados sobre o valor médio do bem de capital ao longo da sua vida útil. Na hipótese do capital ser do empresário, os juros têm o significado da renúncia à remuneração que poderia ser obtida pela aplicação em outra alternativa. Neste caso, da mesma forma utilizada em um exemplo de cálculos para mecanização, efetuado por Martin *et al.* (1997), utiliza-se a taxa de 12% a.a. Assim, sobre o valor de US\$ 246.000,00, tem-se um valor médio anual de US\$ 123.000,00. Considerando uma taxa de 12%, o total dos juros é de US\$ 14.760,00/ano e para 9 meses de uso ao ano tem-se US\$ 1.640,00/mês. Neste caso, o custo por caixa de produto será de US\$ 0,0164.

No caso da empilhadeira a lógica de cálculo é a mesma. Considerando um equipamento cujo custo é aproximadamente US\$ 25.000,00 e uma vida útil de 10 anos, tem-se uma depreciação de US\$ 2.500,00/ano, ou US\$ 278,00/mês ou US\$ 0,0028/caixa. Para os juros tem-se US\$ 1.500,00/ano. Assim, o custo mensal dos juros da empilhadeira será de US\$ 166,67 ao mês ou por caixa de US\$ 0,0017. Portanto, para a empilhadeira o total da depreciação + juros será de US\$ 0,0045/caixa.

#### **Custos variáveis**

Neste item considera-se energia elétrica, água, gás da empilhadeira, manutenção periódica e preventiva e salário de 2 trabalhadores.

A potência instalada de cada um dos equipamentos instalados é de 1 compressor de refrigeração (125 CV), 1 bomba a vácuo (50 CV), 2 bombas de glicol (25 CV do reservatório até o

chiller e 30 CV do reservatório até o trocador de calor no interior da câmara a vácuo), 1 bomba d'água para aspersão de água no produto (2 CV) e alguns motores auxiliares como ventiladores e bombas em torres de resfriamento etc. (aproximadamente 10 CV). Assim, a potência instalada total é de 242 CV ou 180 kW.

Estes equipamentos ligados durante 10 horas como jornada de trabalho e um fator de utilização de 20 dias/mês, terão um gasto mensal de 36 MWh. Para a energia elétrica considera-se um custo de US\$ 120/MWh, acarretando um custo mensal de US\$ 4.320,00, ou seja, US\$ 0,0432 por caixa de alface resfriada.

Os gastos com água envolvem fundamentalmente uso de água na torre de resfriamento, água usada na aspersão do Hydro Vac e limpeza. Para todos os fins práticos consideraremos este custo como desprezível.

Os gastos com gás da empilhadeira também são considerados desprezíveis.

Os gastos de manutenção podem ser considerados como 10% tanto para a opção aluguel como aquisição. Assim tem-se US\$ 0,0121 para a opção aluguel. A manutenção da empilhadeira é também desprezada nesta análise.

O salário dos 2 trabalhadores (operador da empilhadeira: US\$ 1.000,00 (com encargos sociais) e operador da câmara a vácuo/painel de controle: o mesmo salário) totalizam US\$ 2.000,00 por mês ou US\$ 0,0200 por caixa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 1 apresentada resume os cálculos de custos.

#### **Os investimentos na cadeia do frio**

É importante lembrar nesta etapa que o resfriamento corresponde a cerca de 1/3 do investimento global com a cadeia do frio. Além do equipamento do resfriamento há que se ter transporte refrigerado do local onde se faz o resfriamento e o entreposto I também refrigerado onde será estocado ou

<sup>2</sup> preço calculado considerando US\$ 28.000,00/safra no Canadá; taxas de importação 30%

<sup>3</sup> US\$ 189.000,00 no Canadá, com instalação incluída; taxas de importação 30%

<sup>4</sup> os juros anuais são calculados sobre o valor médio do bem de capital ao longo de sua vida útil, segundo proposto por Martin *et al.*, 1997.

**Tabela 1.** Cálculo dos custos de implantação de um sistema de resfriamento a vácuo no Brasil. Campinas, USP-UNICAMP, 1998.

<b>Custos</b>	<b>US\$/caixa</b>
Aluguel	0,1213
Aquisição	
Resfriador - Depreciação	0,0273
Resfriador - Juros	0,0164
Empilhadeira	0,0045
Custos Fixos - aluguel	0,1258
Custos Fixos - aquisição	0,0482
Energia Elétrica	0,0432
Manutenção	0,0121
Salários	0,0200
Outros (10%)	0,0075
Custos Variáveis	0,0828
<b>Custos Totais - aluguel</b>	<b>0,2086</b>
<b>Custos Totais - aquisição</b>	<b>0,1310</b>

comercializado (por exemplo uma CEASA) para ir para um outro entreposto refrigerado II. Deste último entreposto refrigerado, que pode ser um supermercado ou um varejão, o produto vai diretamente para balcões refrigerados e de lá para o consumidor. Dos 2/3 dos custos necessários à implantação desta cadeia do frio pode-se indicar que aproximadamente 1/3 seriam feitos com entreposto refrigerado I + transporte e outros 1/3 com entreposto refrigerado II + balcões refrigerados.

#### **Benefícios do Resfriamento**

A colocação do produto na cadeia do frio traz vários benefícios diretos para quem produz, comercializa e consome o produto. No entanto, para que estes benefícios sejam assegurados é fundamental um grande cuidado na manutenção do produto dentro das condições exigidas. Prejuízos podem ocorrer quando o produto é momentaneamente exposto ao meio ambiente (normalmente bem mais quente). Estes danos acontecem pela condensação de umidade na superfície do produto. Esta água livre poderá acelerar processos que conduzem a deterioração do produto.

No entanto, a cadeia do frio irá permitir, como foi dito anteriormente, ao comerciante menos perdas e também um maior tempo de comercialização com a

qualidade desejada pelo consumidor. Ao agricultor, um maior benefício com menor desperdício e maior renda.

Assim, estimamos que há dois tipos de perdas do produto: (a) durante a colheita, manuseio, transporte e comercialização e (b) redução da qualidade, reduzindo a quantidade possível de comercialização.

No primeiro caso, para a alface estima-se entre 30 a 40% o nível atual de perdas e que poderia ser reduzido até 10%, o que representaria um benefício de no mínimo 20% de produto. Isto permite uma renda adicional de aproximadamente US\$ 0,60/caixa, considerando-se um preço de US\$ 3,00/caixa com 24 unidades de alface.

No segundo caso, a extensão da vida de prateleira do atual 1 a 2 dias para 1 semana representará uma redução nos níveis de perdas de aproximadamente 10%. Em supermercados e varejões mais exigentes onde a qualidade tem fator decisivo nas vendas, poderá atingir 20% pois nestes casos é grande o descarte de produtos atualmente. Assim, a prática do resfriamento e a implementação da cadeia do frio oferecerá um benefício de aproximadamente US\$ 0,50 por caixa de produto, segundo estimativas levantadas junto a comerciantes do setor, embora este valor possa variar grandemente dependendo das condições locais.

É, contudo, importante salientar que o benefício de US\$ 1,10/caixa será repartido entre aqueles que investiram na cadeia do frio, aproximadamente proporcional ao investimento realizado. Cerca de 1/3 deste benefício iria para quem comprou e operou o resfriamento a vácuo, o que geraria uma receita adicional bastante interessante:  $US\$ 0,37/caixa \times 100.000 \text{ caixas/mês} \times 9 \text{ meses/ano} = US\$ 333.000,00/ano$ , sugerindo um período de retorno no investimento de menos de 1,5 ano.

Apesar desta grande vantagem há outros elementos que motivam os utilizadores de unidades de resfriamento e estocagem refrigerada na América do Norte, que incluem a flexibilidade na comercialização, melhor ajuste entre oferta e demanda e colheita no melhor momento.

Seria importante lembrar que muitas vezes há vantagens complementares pois oferecem maior liberdade de ação

a quem comercializa tais produtos.

#### **Considerações finais**

Apesar do alto investimento (US\$ 246.000,00) o resfriamento a vácuo de produtos folhosos é uma interessante possibilidade em nosso mercado, visto os bons resultados obtidos na América do Norte.

Procuramos com esta análise preliminar verificar as vantagens econômicas decorrentes deste investimento para o caso do resfriamento a vácuo da alface. Dentre as principais conclusões, destacam-se:

- A aquisição do equipamento de resfriamento a vácuo demonstrou ser a melhor opção econômica quando comparada com a variante aluguel;

- Em ambos os casos (aquisição e aluguel) o custo por caixa de alface é baixo. Assumindo um valor de mercado de US\$ 3,00 por caixa de 24 unidades o resfriamento representa na variante menos econômica menos de 7% do valor do produto. No entanto, este incremento no custo do produto não vai elevar seu preço de comercialização. Este custo é perfeitamente absorvido pelos benefícios decorrentes que podem cobrir rapidamente o investimento;

- A análise econômica preliminar do investimento no resfriamento a vácuo pode ser resumida: custo do investimento-opção aquisição: US\$ 0,13/caixa de produto; benefício do investimento: estimado em US\$ 0,50/caixa de produto. É no entanto necessário cautela no momento da análise pois estes benefícios são apenas estimados podendo variar muito de caso para caso;

- O período de retorno do capital investido é menor que um ano e meio, tornando o investimento bastante atraente, apesar de relativamente elevado;

#### **LITERATURA CITADA**

- ASHRAE. *Methods of Precooling Fruits, Vegetables, and Cut Flowers*. Refrigeration Systems and Applications Handbook. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Inc. Atlanta, Georgia. Chapter 10. 1994.
- BARTSH, J.A.; BLANPIED, G.D. *Refrigeration and Controlled Atmosphere Storage for Horticultural Crops*. Cooperative of Extension - NRAES-22, Cornell University, Ithaca, NY 14853, 42 p., 1984.

- BELZILE, G. *Essai d'un Hydro-Refrigerateur par le Vide Construit au Québec*. Projet 24-365 217-07011 - Rapport Final, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Canadá, 1996.
- EMBRAPA. *Perdas na Agropecuária Brasileira*. Centro de Pesquisas. Relatório Preliminar. Ministério da Agricultura. Abastecimento e Reforma Agrária. Maio. 1993.
- FAO. *Production Yearbook*. Food and Agricultural Organization. v. 44. FAO Statistics Series. n. 99. Roma. 1991.
- KADER, A.A. (ed.) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2nd. edition. Coop. Ext. Uni. of Ca. Division of Agriculture and Natural Resources. Univ. of Ca., Davis, Ca. Publ. n. 3311. 295 p. 1992.
- MAARA. *Perdas na Agropecuária Brasileira*. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Brasília-DF, 1993.
- MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D.M.; ÂNGELO, J.A.; OKAWA, H. *Sistema "CUSTAGRI": Sistema Integrado de Custos Agropecuários*. IEA/SSA, CNPTIA/EMBRAPA, FUNDEPAG, fevereiro de 1997, São Paulo, SP, 75 p.
- MELO, F.H. *Agricultura Brasileira: Um Novo Horizonte de Crescimento*. Seminário Pensa-92. SP.1992. p. 18.
- MITCHEL, F.G.; GUILLOU, R.; PARSONS, R.A. *Commercial Cooling of Fruits and Vegetables*. California. 1990. p. 44. 1972.
- MITCHELL, F.G. *The Need for Cooling* In: Kader, A.A. (ed.) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2nd. edition. Coop. Ext. Uni. of Ca. Division of Agriculture and Natural Resources. Univ. of Ca., Davis, Ca. Publ. n. 3311. 295 p. 1992. p. 53-56.
- NEVES FILHO, L.C. *Controle da Umidade e Temperatura em Câmaras Frigoríficas*. Manual 9. Tecnologia Pós-Colheita de Frutas Tropicais. ITAL. Campinas. 1992.
- NEVES FILHO, L.C. *A Cadeia do Frio no Brasil*. Revista ABRAVA. SP. 1993.
- RYALL, A.L.; LIPTON, W.J. *Handling, Transportation, and Storage of Fruits and Vegetables*. v. 1: Vegetables and Melons. The AVI Publishing Company, Inc. Wexport, Connecticut. 473 p. 1972.
- SATRY, S.K.; BUFFINGTON, D.E. "Transpiration rates of stored perishable commodities: a mathematical model and experiments on tomatoes". *International Journal of Refrigeration* v. 6, n. 2, p. 84-96. 1983.
- TSUNECHIRO, A; UENO, L.H.; PONTARELLI, C.T.G. Avaliação Econômica das Perdas de Hortaliças e Frutas no Mercado Varejista da Cidade de São Paulo. *Agricultura em São Paulo*, SP, v. 41, n. 2, p. 1-15.