

# ANÁLISE ECONÔMICA PRELIMINAR DE UMA UNIDADE DE RESFRIAMENTO A VÁCUO DE ALFACE<sup>1</sup>

Luís Augusto Barbosa CORTEZ<sup>2</sup>, Clément VIGNEAULT<sup>3</sup>, Lincoln Camargo NEVES F<sup>o4</sup>

**RESUMO:** Realizou-se uma análise econômica de uma unidade de resfriamento a vácuo de alface. Analizou-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 embora represente um elevado investimento inicial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Refrigeração, resfriamento, cadeia do frio, perdas pós-colheita

**ABSTRACT:** 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 indicates a satisfactory period of return for the project (less than 1 year) although the investment is considered quite elevated.

**KEYWORDS:** Refrigeration, pre-cooling, cold chain, post-harvest losses

**INTRODUÇÃO:** O resfriamento de produtos hortícolas é um processo essencial para a melhora da qualidade e o prolongamento do tempo de comercialização. Hoje no Brasil, vários produtos apresentam altas perdas, notadamente entre as verduras, com qualidade muito variável e pouco tempo para a venda levando o agricultor e o comerciante a reduzirem seus benefícios e pressionando os preços destes alimentos. Para minimizar estes problemas propõe-se como melhor solução o emprego da refrigeração de produtos fruti-hortícolas colocando o produto, tão rapidamente quanto for possível, dentro de uma cadeia de refrigeração conhecida como “cadeia do frio”.

**MATERIAL E MÉTODOS:** 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 elos segundo a Figura 1.

---

<sup>1</sup> Estudo de Viabilidade - Projeto conjunto FEAGRI/UNICAMP - CRDH/Agriculture Canada

<sup>2</sup> Professor Livre-Docente, Departamento de Construções Rurais - FEAGRI/UNICAMP - CP: 6011 - E-mail: Cortez@agr.unicamp.br - F: (019) 788-2033 - Fax: (019) 239-4717

<sup>3</sup> Pesquisador - Centre de Recherches et de Développement en Horticulture - St. Jean-sur-Richelieu, PQ - Canada - J3B 3E6 - E-mail: vigno@acces-cible.net - F: (514) 3464494 - Fax: (514) 3467740

<sup>4</sup> Professor Assistente, Departamento de Engenharia - FEA/UNICAMP - CP: 6121 - F: (019) 2398100 - Fax: (019) 2394717

Essa permanência dentro da cadeia do frio vai garantir ao consumidor muitas vantagens, tais como: um produto de melhor qualidade (mais crocante, com menos partes descartáveis, com melhor aproveitamento do que foi comprado); ao comerciante menos perdas, aumento no tempo de comercialização e satisfação do consumidor; e ao agricultor um maior benefício com menos desperdício e maior renda. Entre as técnicas existentes para o resfriamento de produtos hortícolas destacam-se: resfriamento a ar, água, gelo líquido e a vácuo. 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. 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 o alface, ou se o produto está embalado pronto para ser colocado no mercado. Por exemplo, o alface pode ser entregue em pallets 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.

O objetivo principal deste trabalho é o de estudar e analisar economicamente a instalação de uma unidade de resfriamento a vácuo para alface, considerando a aquisição do equipamento completo para o resfriamento e operação do mesmo.

**TECNOLOGIA E DESCRIÇÃO DO SISTEMA:** 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/motor, resfriador indireto com etileno glicol (chiller) e demais componentes (torre, bombas etc.), uma empilhadeira. O ciclo de resfriamento é cerca de 30 minutos. A câmara a vácuo, construída de forma a resistir à pressão com capacidade para conter de 8 a 10 pallets 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 reduzir a pressão de 760 mm Hg a 4 mm Hg em 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, acionada por um motor elétrico de 50 HP. O sistema de refrigeração utiliza R-22 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. O resfriador usado para a condensação do vapor de água poderá ser do tipo de expansão direta enquanto que o refrigerante (R-22, amônia) circula diretamente no trocador. O reservatório empregado contém uma solução de etileno glicol de fabricação local com um volume útil aproximado de 3,4 m<sup>3</sup>, 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. À título de exemplo, à 10,1 mm Hg um kg de água ocupa aproximadamente 96 m<sup>3</sup>. Para um ciclo normal de resfriamento deve-se evaporar cerca de 180 kg de água das folhas do alface (180 x 96 = 17280 m<sup>3</sup>) que deverão ser condensados no trocador de calor. As bombas de circulação de glicol selecionadas foram da marca Peerless, modelo F2-1050. Ainda a bomba para evaporador é de 25 HP e a do trocador de

calor para a condensação do vapor d'água é de 30 HP. 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 HP permite a aspersão da água sobre o produto.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A análise econômica foi conduzida de forma a estimar os custos fixos e operacionais apresentados na Tabela 1. 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.

**CONCLUSÕES:** Apesar do alto investimento (quase meio milhão de dólares) o resfriamento a vácuo de produtos folhosos é uma interessante possibilidade em nosso mercado, visto os bons resultados obtidos na América do Norte. Com um valor de mercado de US\$ 3,00 por caixa de 24 unidades o resfriamento representa menos de 7% do valor do produto. As vantagens econômicas do resfriamento podem ser sumarizadas: custo do investimento-opção aquisição: US\$ 0,137/caixa de produto; benefício do investimento: US\$ 0,37/caixa de produto; O período de retorno do capital investido é menor que um ano e meio, tornando o investimento bastante atraente, apesar de relativamente elevado.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BELZILE, G. *Essai d'un Hydro-Refrroidisseur 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.

TABELA 1 - Custos Fixos e Operacionais do Resfriamento a Vácuo de Alfaca

| Custos                    | US\$/caixa |
|---------------------------|------------|
| Aquisição equipamento     | 0,055      |
| Empilhadeira              | 0,006      |
| Custos Fixos - aluguel    | 0,126      |
| Custos Fixos - aquisição  | 0,061      |
| Energia Elétrica          | 0,043      |
| Manutenção                | 0,006      |
| Salários                  | 0,020      |
| Outros (10%)              | 0,007      |
| Custos Operacionais       | 0,076      |
| Custos Totais - aquisição | 0,137      |

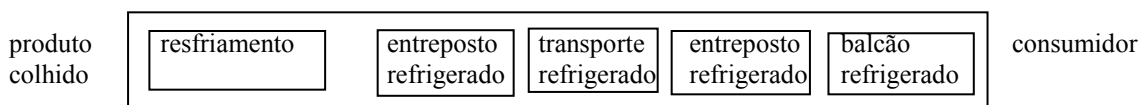


FIGURA 1 - Elos da Cadeia do Frio - Produto Colhido até o Consumidor