

DISCIPLINA	NOME
FA779	Tecnologia de Resfriamento para Produtos Hortícolas

Pré-Requisitos
FA673 FA679

Horas Semanais						
Teóricas	Práticas	Laboratório	Orientação	Distância	Estudo em Casa	Sala de Aula
1	0	1	0	0	0	2
Nº semanas	Carga horária total		Créditos	Exame	Frequência	Aprovação
15	30		2	Sim	75%	Nota

Ementa:
A refrigeração e a conservação de produtos hortícolas. A Cadeia do Frio. Sistemas de refrigeração e elementos que o compõem. Cálculo de carga térmica em câmaras refrigeradas. Câmaras de armazenamento. Dimensionamento de câmaras. Seleção de equipamentos e acessórios. Sistemas de resfriamento rápido com ar forçado e com água. Dimensionamento. Transporte frigorífico de frutas e hortaliças. Tempo de resfriamento, determinação teórica e experimental. Custos de resfriamento. Seleção de sistemas. Viabilidade econômica.

Objetivos:
Capacitar os alunos no conhecimento dos conceitos básicos de refrigeração, desenvolvendo habilidades para o dimensionamento e cálculo de sistemas de resfriamento rápido e transporte frigorificado, determinação experimental do tempo de resfriamento, familiarização com softwares de cálculo de carga térmica e seleção de equipamentos, assim como fazer a seleção adequada de sistemas de resfriamento atendendo a critérios técnicos e econômicos.

Programa:
1- A Refrigeração e Aplicações à Conservação de Produtos Agrícolas. Apresentação do curso e formas de avaliação. Evolução histórica do uso de refrigeração para a conservação de alimentos. Processos de resfriamento e congelamento. Conservação de produtos hortifrutícolas. A Cadeia do Frio.
2- Fundamentos da Termodinâmica Aplicada à Refrigeração Revisão. Ciclo de Carnot. Eficiência frigorífica (COP). Diagrama P-n. Diagrama T-S. Entalpia. Representação de ciclos. Cálculo de COP. Refrigerantes. Nomenclatura. Características.
3- Compressores Tipos de compressores, características operacionais e desempenho, fabricantes, aplicações.
4- Evaporadores Tipos, características operacionais e desempenho, fabricantes, aplicações. Condensadores Tipos, características operacionais e desempenho, fabricantes, aplicações.
5- Cálculo de Carga Térmica Cálculo de carga térmica em câmaras refrigeradas. Dados necessários. Projeto.
6- Câmaras de Armazenamento Dimensionamento de câmaras. Normas. Seleção de equipamentos. Temperatura de condensação, de evaporação. Isolamento térmico. Tubulações. Sala de máquinas. Desgelo. Compatibilidade no armazenamento de produtos hortifrutícolas. Projeto
7- Sistemas de Resfriamento Rápido Ar forçado, água, vácuo, gelo, gelo-água. Descrição, características, limitações por tipo de produto. Perdas de peso e umidade relativa do ar. Projeto.
8- Dimensionamento de Sistemas de Resfriamento Rápido com Água e com ar Forçado. Dados necessários para cálculo e dimensionamento de sistemas com água e com ar. Cálculo e projeto. Seleção de ventiladores.
9- Tubulações, Reservatórios e Acessórios Considerações gerais. Função das linhas de refrigerante. Perdas de carga. Determinação das perdas de carga. Determinação do diâmetro das tubulações. Dimensionamento das tubulações. Traçado de tubulações. Reservatórios, separadores de líquido.

#### 10- Válvulas e Acessórios

Tipos de válvulas, classificação, função, aplicações e características. Válvulas de bloqueio, expansão e balanceamento, retenção, solenóide. Válvulas acionadas por pressão. Válvulas reguladoras de pressão. Válvulas de expansão controladas por superaquecimento. Sistemas de controle. Controle de processos e sistemas de refrigeração. Controle de temperatura, umidade, nível, vazão, pressão. Controles combinados.

11- Aula prática Programa de Cálculo de Carga Térmica e Seleção de Equipamentos.

#### 12- Tempo de Resfriamento

Métodos experimentais. Métodos teóricos. Fatores que afetam o tempo de resfriamento. Tópicos de transferência de calor aplicados ao tempo de resfriamento. Tipos de modelos matemáticos. Métodos numéricos aplicados à transferência de calor. Métodos de ajuste para obter propriedades e caracterizar o processo de resfriamento. Uso do programa COOLSYS para simulação de resfriamento.

#### 13- Laboratório

Determinação tempo de resfriamento num sistema com ar forçado e com água gelada, com dois tipos de produtos de geometria diferente. Medição de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar, velocidade de rotação dos motores, medição do consumo de energia dos equipamentos. Termopares. Sistema de aquisição de dados. Anemômetro de fio quente. Tacômetro. Medidor automático de temperatura e umidade relativa. Medidor-analizador de consumo de energia.

#### 14- Custos de Resfriamento. Seleção de Sistemas. Viabilidade Econômica

Cálculo. Metodologia. Dados necessários. Comparação entre sistemas. Critérios de seleção. Considerações técnicas e econômicas para a tomada de decisão de investimento em sistemas de resfriamento rápido.

#### 15- Transporte Frigorífico de Frutas e Hortaliças.

Tipos de transporte e particularidades. Fatores que afetam a qualidade durante o transporte. Umidade relativa. Containers frigoríficos.

#### **Bibliografia:**

AGRIANUAL, Anuário da Agricultura Brasileira, FNP, Consultoria e Comércio. São Paulo, 2002. 600 p.

ASHRAE. Refrigeration Systems and Applications Handbook. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1994.

Association of Official Analytical Chemistry, AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry. 16 ed. 1997. 1115 p.

Baird, C. D., Chau, K. V., Gaffney, J. J. An engineering/economic model for evaluating forced-air cooling systems for fruits and vegetables. Refrigeration Science and Technology. Institute International of Refrigeration, 1985, p. 259-266.

Baird, C. D., Gaffney, J. J., Talbot, M. T. Desing criteria for efficient and cost effective forced-air cooling systems for fruits and vegetables. ASHRAE Transactions. v. 94, p. 1434-1453, 1988.

Chitarra, F. M., Chitarra, A. B. Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio. Lavras (MG): Fundação Ensino Pesquisa, 1990. 293 p.

CNPTIA/EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura Instituto De Economia Agrícola (IEA/SSA). Sistema CUSTRAGRI. Sistema Integrado de Custos Agropecuários. Versão 1.0. 1997. 75 p.

Cortez, L. A. Honório, S., Moretti, C. Resfriamento de Frutas e Hortaliças. EMPRAPA Informação Tecnológica. Brasília. DF. . 427 p. 2002.

Dossat, R. Principles of Refrigeration. Prentice-Hall International, Inc. 552. 1991.

Kader, A.A. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 2.ed. Division o Agriculture and Natural Resources. Davis: University of California, n. 3311, 295p, 1992.

Kamal, I. Técnicas de Medida e Instrumentação em Engenharia. Faculdade de Engenharia Mecânica. Unicamp. 1996. 190 p.

Kaplan, S. Energy Economics: Quantitative Methods for Energy and Environmental Decisions. Part Two: Economics Analysis. New York: Polytechnic Institute, McGraw-Hil. 1983, 352 p.

Kreith, F. Princípios da Transmissão do Calor. Editora Edgard Blucher Ltda. 650 p. 1973.

Mohsenin, N. N. Thermal Properties of Foods and Agricultural Materials. New York. USA. 1980. 405 p.

Shewfelt, S. E. ; Prussia, R. L. Postharvest Handling. A systems Approach. Academic Press. 1992. 250 pg.

Stoecker, W. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire. Ediciones del Castillo S. A. Madrid. 406 p. 1976.

Stoecker, W., Jabardo, J. M. Refrigeração Industrial. Editora Edgard Blucher Ltda. 453 p. 1994.

Van Wylen, G. , Sonntag, R. Fundamentos da Termodinâmica Clássica. Editora Edgard Blucher Ltda. 565 p. 1976.

Wills, R. H.. Postharvest An introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables, AVI Publ. Co. 1987. 300 pg.

Outras sugestões de literatura.

Fundamentos da Termodinâmica Clássica, tradução da terceira edição americana versão SI Gordon J. Van Wylen e Richard E. Sonntag Editora Edgard Blücher Ltda - Thermodynamics - a new engineering approach .Yunus A.Çengel e Michael A. Boles. McGraw Hill International Editions - Mechanical Eng. Series Impresso em Cingapura - 867 p. 1989.

Termodinâmica e Aplicações". László Halász Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia André Toselo" .Campinas, SP - 80p. – 1979. Engineering Thermodynamics with Heat Transfer". Second Edition William L. Haberman e James E.A. John Allyn and Bacon - Estados Unidos - 705p. - 1989

Manual de Termodinâmica e Transmissão de Calor". Remi Benedito Silva EPUSP - São Paulo - 4a edição – 1972.

Manual de Refrigeração e Ar Condicionado" .Remi Benedito Silva, EPUSP - São Paulo - 5a edição - 1978.

Handbooks da ASHRAE: HVAC Applications (1991), HVAC Systems & Equipment (1992).

WELTY, WICKS e WILSON. Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer. Vol. I e II. John Wiley & Sons. New York, NY, Última Edição (Versão em português de preferência).

KREITH, F. Princípios da Transmissão de Calor. Tradução 3ª edição. 1991. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo - SP.

DOEBELIN, E.O. Measurement Systems Application and Design. 3rd. Edition McGraw-Hill Book. Company. 1983. New York. NY.

BAKER, H.D. et alii. Temperature Measurement in Engineering. Vol. I and II. OMEGA PRESS. 1975. Stamford, CT.

SIGHIERI, L. e NISHINARI, A. Controle Automático de Processos Industriais Instrumentação. 2a edição. Editora Edgard Blucher Ltda. 1988. São Paulo. SP.

SITES RECOMENDADOS

<http://www.mcquay.com>

<http://www.profrío.com.br>

<http://www.saorafael.com.br>

<http://www.fintrac.com/gain/guides/>

<http://www.postharvest.com.au/Produce-information.htm>

<http://vric.ucdavis.edu/vrichome/html/veginfotveginfor.htm>

<http://www2.ncsu.edu/bae/programs/extension/publicat/postharv/>

<http://www.cpma.ca/cgi-bin/access.sh?lang=french>

**Observações:**

Não há

**ASSINATURAS:**

**AUTENTICAÇÃO**

Verifique a autenticidade deste documento na página: <https://www.feagri.unicamp.br/portal/graduacao>