

Higiene e Segurança Alimentar na Distribuição de Produtos Alimentares

02

Paulo Baptista, Pedro Dinis Gaspar, João Oliveira



Ficha Técnica

Título

Higiene e Segurança Alimentar na Distribuição de Produtos Alimentares

Autor

Paulo Baptista, Pedro Dinis Gaspar e João Oliveira

Editora

Forvisão - Consultoria em Formação Integrada, S.A.

Largo Navarros de Andrade, n.º1, 3º Dir.

4800-160 Guimarães

Tel. 253 511 904 / Fax 253 415 341

forvisao@forvisao.pt / www.forvisao.pt

Projecto Gráfico e Design Forvisão, S.A.

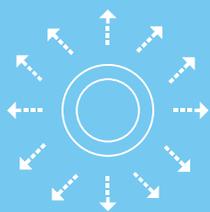
Impressão e Acabamentos Ideal, artes gráficas - Guimarães

ISBN

978-972-8942-02-1

Depósito Legal

253360/07



Índice

02

Introdução	007
Capítulo 1 – Distribuição alimentar	
1.1. A evolução da distribuição alimentar em Portugal	015
1.2. As principais características da distribuição em Portugal	015
1.3. Os modelos de canais de distribuição de produtos alimentares	016
1.4. A importância da distribuição nas cadeias alimentares	017
1.5. As implicações da atitude do consumidor no ponto de venda na segurança dos produtos alimentares	018
1.6. Os perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar	019
Capítulo 2 - Estrutura física das instalações de expedição e distribuição	
2.1. Enquadramento	027
2.2. Considerações iniciais de construção	027
2.2.1. Localização	027
2.2.2. Definição de layout e da sua dimensão	028
2.2.3. Disposição e colocação	028
2.3. Concepção da instalação	029
2.4. Cais de carga e descarga	030
2.5. Armazéns refrigerados	032
2.5.1. Pavimentos	032
2.5.2. Paredes	033
2.5.3. Preparação da superfície	033
2.5.4. Acabamentos	033
2.5.5. Tectos	034
2.5.6. Portas	034
2.5.7. Instalação eléctrica	035
2.5.8. Inovações no armazenamento refrigerado	035
2.6. Isolamento	036
2.6.1. Tipos de isolamento	036
2.6.2. Resistência térmica do isolamento	037



Capítulo 3 – Sistemas de refrigeração

3.1. Enquadramento	043
3.2. Fluidos frigénicos	043
3.3. Ciclo de refrigeração	048
3.4. Componentes essenciais de um sistema de refrigeração por compressão de vapor	050
3.4.1. Compressor	050
3.4.2. Condensador	050
3.4.3. Evaporador	050
3.4.4. Válvula de expansão	051
3.4.5. Ventilador	051
3.4.6. Equipamento de regulação e controlo	051
3.5. Ciclo de refrigeração por compressão de vapor	051
3.6. Ciclo real de compressão de vapor	055

Capítulo 4 – Equipamentos de refrigeração

4.1. Enquadramento	061
4.2. O mercado mundial de equipamentos de refrigeração	061
4.3. Equipamentos expositores refrigerados	065
4.3.1. Expositores verticais - murais	068
4.3.2. Expositores horizontais - ilhas	069
4.3.3. Vitrinas	070
4.4. Características gerais	070
4.4.1. Funcionamento	071
4.4.2. Serviço	071
4.4.3. Economia	071
4.4.4. Ecologia	071
4.4.5. Marketing	071
4.4.6. Cortinas de ar	072
4.4.7. Outras considerações	077
4.5. Aplicações de comercialização	077
4.5.1. Versão laticínios	077
4.5.2. Versão de carne	079
4.5.3. Versão de hortofrutícolas	081
4.5.4. Versão de produtos congelados e gelados	081

Capítulo 5 – Carga de arrefecimento

5.1. Introdução	089
5.2. Carga térmica por transmissão	090
5.2.1. Resistência térmica condutiva	091
5.2.2. Resistência térmica radiativa	091
5.2.3. Resistência térmica convectiva	092



5.3. Carga térmica por infiltração do ar ambiente	092
5.4. Carga térmica por radiação térmica	094
5.5. Cargas térmicas internas	097
5.6. Carga térmica dos produtos alimentares	097
5.6.1. Carga térmica de armazenamento	097
5.6.2. Carga térmica devido à respiração dos produtos	097
5.7. Cargas térmicas internas	098
5.7.1. Carga térmica do mecanismo de descongelamento	098
5.7.2. Carga das resistências de anti-embaciamento	099
5.8. Carga térmica total	099
5.9. Outras considerações	100

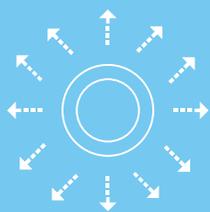
Capítulo 6 – O impacto dos equipamentos de refrigeração na segurança alimentar e as tendências futuras

6.1. Impacto dos equipamentos de refrigeração na segurança alimentar	107
6.2. Tendências futuras	111
6.2.1. Redução da carga térmica	111
6.2.2. Melhoria dos componentes do equipamento expositor refrigerado	112

Capítulo 7 – Legislação e regulamentação aplicável à distribuição de produtos alimentares

7.1. Introdução	121
7.2. Legislação por tipo de produtos	121
7.2.1. Produtos hortofrutícolas	121
7.2.2. Carnes e produtos cárnicos	122
7.2.3. Pescado e outros produto do mar	123
7.2.4. Lacticínios	125
7.2.5. Ovoprodutos	125
7.2.6. Outros produtos	126





Introdução

02

Todos os intervenientes numa cadeia alimentar têm a responsabilidade de assegurar a segurança dos produtos alimentares nas fases em que intervêm, independentemente da natureza das actividades que desenvolvem. Nesta incluem-se as empresas que operam na distribuição e comercialização de produtos alimentares bem como outras que directa ou indirectamente interagem nesta actividade, como por exemplo os fabricantes de equipamentos de frio para a conservação de alimentos nos pontos de venda ao consumidor.

A importância dos alimentos na saúde dos consumidores e os perigos que estes podem representar quando não são devidamente manipulados ao longo da cadeia agro-alimentar, são hoje realidades perfeitamente reconhecidas por todos. A minimização das ocorrências com impacto para o consumidor deve constituir uma preocupação para todos intervenientes na cadeia, desde o agricultor até ao consumidor. Nesta cadeia, o transporte e a distribuição de produtos alimentares (incluindo a comercialização) é muitas vezes um dos elos mais fracos na garantia da segurança alimentar.

A distribuição e comercialização de produtos alimentares tem especificidades as quais é indispensável que os operadores do sector tenham conhecimento. Nestas incluem-se, naturalmente, todos os aspectos relacionados com as boas práticas de higiene na manipulação e conservação de produtos alimentares. A compreensão das boas práticas é reforçada se esse conhecimento for sustentado por um conhecimento mais aprofundado de questões técnicas relacionadas com a conservação dos produtos alimentares. Assim, conhecimentos tais como os relativos: i) aos perigos associados a produtos alimentares e as suas origens, ii) a importância das boas práticas como medidas preventivas da ocorrência dos perigos e iii) a importância dos equipamentos na conservação dos alimentos, são importantes para reforçar a consciencialização ao nível do cumprimento das boas práticas aplicáveis à actividade.

Embora a realidade seja muito variável no sector da comercialização e distribuição de produtos alimentares, é possível observar frequentemente comportamentos, por parte dos operadores, que se desviam das boas práticas aplicáveis. O nível de formação é muitas das vezes deficiente, ou mesmo inexistente. Muitas vezes o pessoal envolvido na distribuição e comercialização de produtos alimentares não possui formação específica adequada em domínios relacionados com a segurança alimentar, e consequentemente não têm sensibilidade para as implicações que a sua actividade pode ter sobre os produtos. Por estas razões, o conhecimento adequado dos meios disponíveis para a distribuição e comercialização de produtos alimentares, o conhecimento das implicações da actividade na qualidade e segurança alimentar dos produtos alimentares e o conhecimento das boas práticas são elementos importantes, necessários para sustentar o desenvolvimento de competências dos operadores intervenientes na distribuição e comercialização de produtos alimentares.

É neste enquadramento que, com este livro, se pretende apresentar de uma forma sistemática os principais elementos relevantes para uma adequada compreensão das práticas ao nível da distribuição e comercialização



de produtos alimentares e das suas implicações ao nível da segurança alimentar. De modo a compreender adequadamente estas implicações é fundamental uma adequada compreensão dos processos e dos meios tecnológicos disponíveis. Este livro dá particular atenção aos produtos alimentares mais susceptíveis de sofrerem alterações que podem ter implicações quer ao nível da qualidade quer ao nível da segurança alimentar dos mesmos: os produtos vulgarmente designados por perecíveis. Estes produtos, requerem frio durante toda a cadeia alimentar. Por este motivo, a manutenção das adequadas condições de refrigeração constitui um elemento crítico para garantir a qualidade e a segurança alimentar dos produtos alimentares perecíveis nas etapas de distribuição e comercialização. Os diferentes tipos de sistemas e equipamentos de refrigeração utilizados na distribuição e comercialização de produtos alimentares, bem como as suas implicações ao nível da conformidade do produto, são analisados e discutidos neste livro.

Este livro encontra-se organizado em 7 capítulos:

- i) Distribuição alimentar;
- ii) Estrutura física de instalações de expedição e distribuição;
- iii) Sistemas de refrigeração;
- iv) Equipamentos de refrigeração;
- v) Carga de arrefecimento;
- vi) O impacto dos equipamentos de refrigeração na segurança alimentar e as tendências futuras;
- vii) Legislação e regulamentação aplicável à distribuição de produtos alimentares.

Através da abordagem destes temas, os objectivos gerais que se pretendem atingir são:

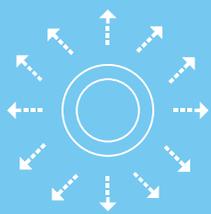
- Apresentar e discutir a importância da distribuição nas cadeias alimentares do ponto de vista de segurança alimentar;
- Apresentar e discutir as implicações da atitude do consumidor no ponto de venda na segurança dos produtos alimentares;
- Detalhar os aspectos relevantes na concepção de instalações de armazenamento de produtos alimentares a temperatura controlada, incluindo os aspectos relevantes em termos de segurança alimentar;
- Identificar e descrever os principais fluidos frigorigéneos utilizados em equipamentos de refrigeração, discutindo os princípios básicos de transferência de calor em equipamentos de frio;
- Apresentar os tipos de equipamentos de frio nos pontos de venda e as suas principais características (Expositores frigoríficos horizontais, verticais, abertos, fechados), analisando comparativamente os equipamentos disponíveis e discutindo as suas vantagens/desvantagens e a sua adequabilidade face à natureza dos produtos a conservar;
- Descrever as principais características de equipamentos expositores refrigerados utilizados para produtos alimentares, demonstrando a aplicação dos diferentes tipos de equipamentos expositores refrigerados para vários tipos de produtos alimentares e discutindo a sua importância na preservação da qualidade e segurança alimentar desses produtos;
- Caracterizar os principais tipos de cargas térmicas que influem no funcionamento dos equipamentos de frio, explicitando os princípios físicos subjacentes aos diferentes fenómenos de transferência de calor associados aos diferentes tipos de carga térmica;



- Descrever a importância e caracterizar o impacto dos equipamentos de refrigeração na garantia da qualidade e da segurança alimentar dos produtos;
- Identificar a principal legislação aplicável à distribuição de produtos alimentares, sistematizando por tipo de produtos.

Paulo Baptista





Capítulo 01

02





Distribuição alimentar

- 1.1** - A evolução da distribuição alimentar em Portugal
- 1.2** - As principais características da distribuição em Portugal
- 1.3** - Os modelos de canais de distribuição de produtos alimentares
- 1.4** - A importância da distribuição nas cadeias alimentares
- 1.5** - As implicações da atitude do consumidor no ponto de venda na segurança dos produtos alimentares
- 1.6** - Os perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar

Objectivos do Capítulo

- Apresentar a evolução da distribuição alimentar em Portugal e caracterizar as principais características da distribuição em Portugal, no sentido de facilitar um adequado enquadramento à abordagem das questões relacionadas com segurança alimentar;
- Apresentar os modelos de canais de distribuição de produtos alimentares;
- Apresentar e discutir a importância da distribuição nas cadeias alimentares do ponto de vista de segurança alimentar;
- Apresentar e discutir as implicações da atitude do consumidor no ponto de venda na segurança dos produtos alimentares;
- Apresentar os perigos associados à distribuição de produtos alimentares e discutir as principais origens dos perigos na distribuição de produtos alimentares e as medidas de controlo a implementar para garantia da segurança alimentar.





1.1 - A evolução da distribuição alimentar em Portugal

No passado, o pequeno comércio alimentar assegurava o abastecimento de todas as famílias, independentemente da categoria social, havendo apenas distinção entre produtos adquiridos. Em virtude do mercado retalhista se caracterizar pela existência de um grande número de pequenos estabelecimentos, a rede de distribuição alimentar em Portugal caracterizava-se pela existência de um número elevado de distribuidores de pequena dimensão e abrangendo uma área de distribuição restrita.

Em meados da década de 80 a realidade da distribuição alimentar em Portugal começou a sofrer mutações significativas com o advento da Grande Distribuição. O aparecimento de lojas de grandes dimensões onde se podem encontrar num mesmo espaço uma grande variedade de produtos, alimentares e não alimentares, traduz-se numa mais-valia para o consumidor. Este passa a dispor da generalidade dos produtos que necessita no quotidiano num mesmo local com uma multiplicidade de escolha que não lhe era oferecida no passado. A dimensão destas lojas e a crescente dimensão dos grupos económicos a que estas pertencem reforçam também a capacidade negocial destas empresas junto dos seus fornecedores. Assim, com as elevadas quantidades de produtos vendidos, nomeadamente produtos alimentares, as cadeias de distribuição conseguem obter condições favoráveis na negociação com os fornecedores o que lhes permitiu oferecer ao consumidor produtos a preços mais baixos. A entrada de Portugal na União Europeia na segunda metade da década de 80 e a liberalização dos mercados teve também um impacto muito importante ao nível do sector alimentar. A importação de produtos alimentares cresceu de forma substancial e o consumidor passou a dispor de produtos alimentares mais sofisticados que anteriormente não disponha. As cadeias de distribuição moderna tiveram também aqui um papel importante. Pela sua dimensão e eventualmente também pela sua origem, as cadeias de distribuição introduziram esses novos produtos no mercado.

Durante a década de 90 assistiu-se a um crescimento contínuo do número de lojas de cadeias de distribuição, o qual se tem mantido até à actualidade.

1.2 - As principais características da distribuição alimentar em Portugal

A distribuição alimentar em Portugal está actualmente concentrada na designada distribuição moderna, na qual se inclui as centrais de compra que representam uma multiplicidade de pequenos associados com lojas de pequena dimensão. Existem actualmente no mercado nacional um conjunto de mais de 10 insígnias pertencentes quer a grupos nacionais quer a multinacionais. A nível das empresas nacionais, destacam-se as insígnias Modelo e Continente da Sonae e as insígnias Pingo Doce, Feira Nova e Recheio do grupo Jerónimo Martins. Em 2004, a Sonae possuía em Portugal 282 lojas com uma área de venda de 433.000 m² e que apresentaram um volume de vendas brutas de 2957 milhões de euros. No mesmo ano, o grupo Jerónimo Martins tinha, em Portugal, 190 lojas Pingo Doce, 28 lojas Feira Nova e 34 lojas Recheio, representando no total mais de 393.000 m². O volume de vendas foi, em 2004, de 2450 milhões de euros. De entre as insígnias internacionais, o Jumbo (Auchan) e o Carrefour têm unidades de grandes dimensões, com correspondência nas empresas nacionais nas insígnias Continente e Feira Nova. Estas lojas, os hipermercados, encontram-se localizadas na vizinhança dos principais centros urbanos do país, com destaque para Lisboa e Porto. A generalidade das restantes insígnias, tais como o Intermarché/Ecomarché, Leclerc, Lidl, Plus, MiniPreço estabeleceram-se inicialmente em centros urbanos de menor dimensão ou em áreas mais periféricas dos principais centros urbanos. Ao nível dos “cash & carry” destacam-se as



insígnias Recheio (grupo Jerónimo Martins), Makro (Metro – Alemanha) e Ellos (pequenos associados). Existem ainda alguns “cash & carry” de menores dimensões, de carácter mais local ou regional mas que conjuntamente com os primeiros concentram uma parte substancial das compras.

Algumas das principais características e tendências da distribuição alimentar em Portugal incluem:

- Uma progressiva integração da cadeia alimentar, nomeadamente na aproximação à produção primária, com a criação de relações privilegiadas com produtores ou grupos de produtores (e.g. clube de produtores da Sonae);
- Redução de stocks e redução do tempo de entrega de produtos por parte dos fornecedores, baseado numa abordagem que se aproxima do “Just-in-time”, nomeadamente através de tecnologia de informação e comunicação (e.g. EDI) que suportam a troca de informação e a tomada de decisões;
- Sincronização do processo logístico com a procura do lado do consumo, através do aumento da frequência de entregas pelos fornecedores e da diminuição do tamanho de lotes);
- Coordenação das decisões logísticas na cadeia de distribuição alimentar através da introdução da padronização de produtos e sistemas de gestão que reduzam ou eliminam a probabilidade de erro associada à intervenção humana.

A nível de características relevantes em termos de segurança alimentar, a distribuição moderna tem também introduzido melhorias significativas na forma como os produtos alimentares são colocados à disposição dos consumidores. A este nível é de destacar:

- A adequabilidade dos equipamentos de frio que os principais grupos de distribuição que intervêm na área alimentar possuem nas suas instalações de armazenamento e nas suas lojas;
- A melhoria da capacidade de rastrear os produtos comercializados na loja;
- O reforço das actividades de controlo de qualidade efectuados aos produtos, quer ao nível da recepção quer na amostragem para efeitos de verificação (e.g. análises microbiológicas ao produto);
- A preocupação com critérios de qualidade e segurança alimentar na selecção de fornecedores.

Estas melhorias não significam contudo que tudo esteja bem e que todas as empresas de distribuição se situem num mesmo patamar de desenvolvimento. Existem aspectos que necessitam de ser melhorados. De entre os anteriores, a rastreabilidade desde os centros de armazenamento/entrepósitos de distribuição até às lojas, constitui um ponto onde ainda existem lacunas significativas. As práticas ao nível do manuseamento de produtos constituem pontos fracos que carecem igualmente de atenção redobrada por parte dos operadores deste sector. A rotatividade do pessoal é muitas vezes um factor que dificulta o atingir os padrões adequados ao nível das boas práticas nestas empresas.

1.3 - Os modelos de canais de distribuição de produtos alimentares

O aparecimento deste modelo de lojas consubstanciou o aparecimento da distribuição moderna em Portugal. À medida que a distribuição moderna se expandia o comércio tradicional entrava em declínio. As pequenas lojas de bairro iam progressivamente desaparecendo, incapazes de competir com as grandes superfícies em expansão. Também a própria imagem de modernidade e o conforto das lojas das cadeias de distribuição constituíram factores de atracção do consumidor. A década de 90, fruto também do crescimento económico a que se assistiu em Portugal, correspondeu a uma época de alterações significativas nos hábitos de consumo dos portugueses. Neste período



intensificou-se o consumismo em detrimento dos hábitos de poupança que anteriormente caracterizavam a atitude dos portugueses. Todos estes factores contribuíram para o crescente número de cadeias de hipermercados, de lojas de discount e lojas “cash & carry”, cada vez mais próximas do consumidor.

Para responder à entrada de grandes grupos de distribuição, as pequenas empresas que possuem lojas de pequenas dimensão e que tendem a apostar na qualidade e no factor proximidade têm progressivamente reagido à concorrência através da criação de diferentes tipos de redes de associação e de cooperação, designadamente o caso das cooperativas de retalhistas, agrupamentos de compras. Tal como as grandes superfícies, esta reacção dos retalhistas ao mercado obrigou também à criação de grandes centros de armazenamento e distribuição.

Assim, hoje temos dois modelos principais de distribuição de produtos alimentares que na prática são idênticos, sendo que o que os distingue é a responsabilidade e a extensão da sua intervenção na cadeia alimentar, desde o fabricante até ao consumidor final. No caso das cadeias de distribuição moderna (Figura 1.1), a responsabilidade começa por vezes nas instalações do próprio fornecedor, quando o transporte é da responsabilidade da própria empresa de distribuição. A sua responsabilidade mantém-se nos centros de armazenamento/entrepósitos de distribuição e prolonga-se até às lojas onde o produto é colocado à disposição do consumidor. As actividades de transporte, quando da responsabilidade da empresa de distribuição, são na maior parte dos casos sub-contratadas a empresas de transporte especializadas. As actividades de armazenamento e logística nos centros de armazenamento/entrepósitos de distribuição podem também ser sub-contratadas a operadores logísticos.

No caso de pequenas empresas independentes, a diferença está essencialmente na responsabilidade ao nível da logística de transportes e do armazenamento nos centros de armazenamento/entrepósitos de distribuição, que é assegurada pelas estruturas nas quais estas se encontram associadas.

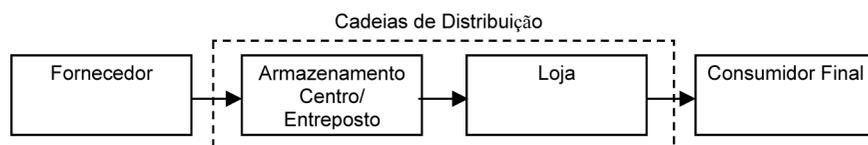


Figura 1.1 – Modelo de canal de distribuição de cadeias de distribuição

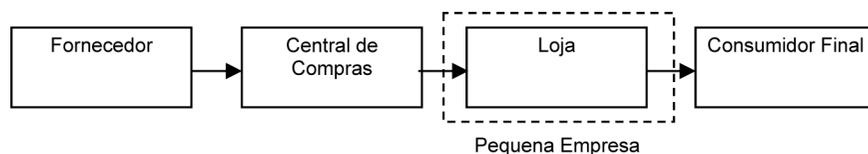


Figura 1.2 – Modelo de canal de distribuição de pequenas empresas associadas em centrais de compras

1.4 - A importância da distribuição nas cadeias alimentares

A colocação dos produtos alimentares à mesa do consumidor exige condições de armazenamento e de transporte que devem ser respeitadas para se manter a qualidade e a segurança dos alimentos ao longo de toda a cadeia, desde a origem até ao destino. Toda a evolução ao nível da distribuição levou à necessidade de armazenar os alimentos durante períodos de tempo mais ou menos prolongados e com o aumento das distâncias de distribuição, os alimentos passaram a estar expostos a maior número de factores que contribuem para a sua degradação.



No novo conceito de distribuição as operações de logística que incluem as actividades de transporte, de armazenamento e a constituição e gestão de stocks, obrigam ao cumprimento de rigorosas medidas de higiene e segurança alimentar, durante todo o processo, por parte dos agentes económicos envolvidos. Esta importância não deriva do facto destas operações adicionarem segurança ao produto mas da possibilidade de durante as mesmas, caso ocorram falhas, a segurança do consumidor final poder ser posta em causa. Efectivamente, no processo de distribuição, não é efectuada em geral qualquer actividade com objectivo de reforçar a qualidade e a segurança alimentar. O objectivo principal é colocar o produto atempadamente à disposição do consumidor, mantendo as características o mais próximo possível das que possuía na origem. O tipo de perigos que podem ocorrer depende em parte da natureza dos produtos alimentares. Isto é particularmente verdade para os perigos microbiológicos. Os produtos alimentares perecíveis, que requerem frio para a manutenção das suas características, são os mais críticos nas etapas associadas à distribuição alimentar. Qualquer abuso de temperatura que este tipo de produtos sofra tem inevitavelmente consequências na redução da qualidade do produto e pode eventualmente ter implicações em termos de segurança alimentar. Tal acontece se as condições às quais o produto tenha sido exposto potenciarem o desenvolvimento microbiológico que conduza a que a carga microbiana inicialmente presente atinga níveis inaceitáveis.

Também é necessário assegurar que o modo como são realizadas as operações logísticas na distribuição não introduzam perigos físicos ou químicos nos produtos alimentares.

De forma a minimizar os perigos de contaminação dos alimentos na distribuição é de extrema importância que os intervenientes conheçam os mecanismos de contaminação dos alimentos e os perigos biológicos, físicos e químicos a que estão sujeitos. Para além do conhecimento dos diferentes perigos associados à distribuição é também relevante que os intervenientes adquiram conhecimentos relativamente à origem e fonte dos diferentes perigos, para estarem aptos a agir de forma a minimizar a ocorrência de alguns desses perigos (ver Secção 1.6).

1.5 - As implicações da atitude do consumidor no ponto de venda na segurança dos produtos alimentares

O consumidor representa também um papel relevante na garantia da segurança alimentar, na medida em que o seu comportamento no manuseamento dos alimentos nos pontos de venda, pode pôr em causa a qualidade dos mesmos. Na realidade, o consumidor no momento de compra pode ter atitudes que contribuem negativamente para a qualidade e a segurança alimentar dos produtos alimentares. Entre as situações em que o próprio consumidor pode ter um impacto negativo nos produtos estão:

- As más práticas de higiene na manipulação de produtos, em particular produtos alimentares frescos não embalados (e.g. hortofrutícolas), tais como o manuseamento sem qualquer higienização prévia das mãos, o falar e o tossir directamente sobre o produto;
- A colocação de produtos frescos em locais que não os próprios para os produtos (e.g. mistura de diferentes hortícolas);
- O apalpar dos produtos, nomeadamente frutos, para avaliar o seu grau de maturação, provocando danos que vão facilitar o desenvolvimento microbiano;
- A selecção de produtos refrigerados para compra e posterior recolocação nos expositores, quando existe um iato de tempo entre o acto inicial de escolha e de reavaliação da escolha;



- A abertura de portas de expositores de produtos refrigerados e de produtos congelados antes ter definido o produto que pretende pegar;
- A manutenção das portas de expositores de produtos refrigerados e de produtos congelados abertos após ter retirado o produto pretendido;
- O danificar materiais de embalagem de produtos pré-embalados;
- O proceder ao consumo/prova de produtos expostos para venda (e.g. frutos, frutos secos);
- Toda e qualquer manipulação desnecessário de produtos alimentares.

Na generalidade das vezes, o consumidor não está consciente do potencial impacto dos seus actos na qualidade e segurança alimentar dos produtos. Tal resulta da falta de sensibilidade e de formação que a maioria dos consumidores tem em relação às questões de segurança alimentar. Esta falta de formação leva a que, após o acto de compra, ele tenha outras atitudes que podem também comprometer a segurança dos produtos por si comprados mesmo antes de chegar à sua residência. A este nível as más práticas começam ainda dentro das lojas quando o consumidor não deixa a compra de produtos refrigerados e congelados para o final das suas compras, e transporta estes produtos a temperaturas próximas de 20°C enquanto realiza todas as outras compras. Também no transporte, por vezes o consumidor negligencia o impacto desta actividade nos produtos comprados. Novamente este impacto é particularmente relevante com os produtos refrigerados e congelados, quando o consumidor após concluir as compras não efectua o regresso a casa de imediato ou quando opta por efectuar as compras em lojas demasiado afastadas da sua residência e que obrigam a tempos prolongados no percurso. Naturalmente o impacto do tempo de transporte na qualidade e segurança alimentar do produto é tanto maior quanto maior temperatura, pelo que esta situação pode ser crítica no Verão.

Existe um outro papel importante que o consumidor também tem a obrigação de assumir de forma a contribuir para o reforço da segurança alimentar ao longo de toda a cadeia: a comunicação de situações de produtos deteriorados que detecte antes ou no momento do consumo. Muitas vezes, por desconhecimento de como reclamar, por comodismo ou por desvalorizar a situação, o consumidor abstem-se de efectuar a reclamação. Também sempre que detecte situações de produtos que se encontram nos pontos de venda em condições impróprias para consumo, o consumidor deve reclamar. O reclamar implica uma análise da reclamação e consequentemente uma análise da causa da não conformidade subjacente à reclamação. Deste modo, a reclamação constitui uma oportunidade para melhoria na medida em que obriga ao desencadeamento de acções correctivas para evitar a reocorrência do problema.

1.6 - Os perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar

Nesta secção procura-se sistematizar os principais perigos que estão presentes nas três principais etapas associadas à distribuição de produtos alimentares:

- O transporte;
- O armazenamento;
- A colocação do produto à disposição do consumidor no ponto de venda.



Para cada uma destas etapas são identificados de forma genérica os principais perigos e as situações que as originam, identificando igualmente um conjunto de práticas relevantes para controlar os perigos (Tabela 1.1). Conforme já discutido nas secções anteriores, a manutenção da temperatura assume um destaque particular. A tal não será estranho o facto de, após a transformação, os produtos alimentares refrigerados serem transportados em média 2,5 vezes, quer em veículos de longa ou de curta distância. Estima-se que nos países desenvolvidos, cerca de 70 % de todos os produtos alimentares são congelados ou refrigerados quando produzidos e que cerca de 50 % da venda de produtos alimentares é realizada através da conservação e exposição em frio.

Tabela 1.1 – Principais perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar

TRANSPORTE	
Perigos	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento microbiológico devido a condições inadequadas de temperatura no transporte; • Contaminação por manipulação inadequada de produtos alimentares não embalados; • Contaminação por manutenção deficiente do equipamento de frio do veículo e das condições físicas da caixa de carga; • Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens, derivada da má manipulação na preparação da carga (rotura, golpes, sobrecarga, protecção insuficiente das embalagens); • Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens devido a mau acondicionamento no transporte; • Contaminação química do produto por transporte conjuntamente com produtos químicos (e.g. detergentes) ou veículos utilizados no transporte de produtos não alimentares.
Medidas de Controlo	<ul style="list-style-type: none"> • Regulação da temperatura do sistema de frio para as condições de transporte requeridas pelo produto (para produtos refrigerados e congelados); • Calibração das sondas de temperatura associadas à monitorização e controlo da temperatura no transporte (para produtos refrigerados e congelados); • Acondicionamento do produto de forma a assegurar uma adequada circulação de ar (para produtos refrigerados e congelados); • Monitorização da temperatura do veículo durante o transporte (para produtos refrigerados e congelados); • Controlo das condições à recepção do veículo: estado de limpeza dos veículos (incluindo odores estranhos), temperatura do veículo à recepção; • Cumprimento de boas práticas de higiene na manipulação de produtos alimentares, na carga e descarga de produtos alimentares; • Supervisão das práticas de manipulação, na carga de produtos alimentares; • Cumprimento dos planos de limpeza e desinfeção estabelecidos para os veículos de transporte; • Comprovação do cumprimento dos programas de limpeza e desinfeção dos veículos de transporte; • Manutenção dos sistemas de refrigeração dos veículos; • Manutenção do bom estado das caixas de carga dos veículos; • Utilização de embalagens adequadas com suficiente protecção; • Limitação da altura de sobreposição de embalagens de forma a evitar sobrecargas que provoquem danos no produto; • Respeitar as condições de paletização do produto.
ARMAZENAMENTO	
Perigos	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento microbiológico devido a condições inadequadas de temperatura nos locais de armazenagem; • Contaminação por manipulação inadequada de produtos alimentares não embalados no armazém; • Contaminação por manutenção deficiente das condições físicas das instalações; • Contaminação por manutenção deficiente das condições de higiene das instalações; • Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens, derivada da má manipulação nos armazéns; (rotura, golpes, sobrecarga, protecção insuficiente das embalagens); • Contaminação química do produto por armazenamento conjuntamente com produtos químicos (e.g. detergentes).

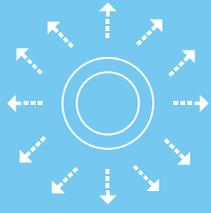


Medidas de Controlo	<ul style="list-style-type: none">• Regulação da temperatura das câmaras de refrigeração e de congelação para as condições de armazenamento requeridas pelo produto (para produtos refrigerados e congelados);• Utilização de cais de descarga refrigerados para a recepção de produtos refrigerados ou congelados;• Calibração das sondas de temperatura associadas à monitorização e controlo da temperatura no armazenamento (para produtos refrigerados e congelados);• Minimização do tempo entre a recepção de produtos refrigerados e congelados e a sua colocação nas respectivas câmaras de frio;• Monitorização da temperatura das câmaras de refrigeração e de congelação durante o armazenamento e da temperatura nos cais de descarga refrigerados;• Não colocação/manutenção de produtos refrigerados ou congelados fora das câmaras apropriadas;• Manutenção das portas das câmaras de refrigeração e de congelação encerradas, abrindo-as apenas o tempo mínimo indispensável para realizar operações de manuseamento de produto;• Planeamento da necessidade de reposição de produto para minimizar as aberturas de câmaras de refrigeração ou de congelação;• Controlo da rotação/gestão de stocks;• Estabelecimento de regras de armazenagem dos diferentes lotes, a fim de poder controlar e isolar qualquer tipo de problema;• Controlo das condições à recepção: estado das embalagens, estado de limpeza do veículo, temperatura do veículo e do produto à recepção, verificação das cargas transportadas;• Cumprimento de boas práticas de higiene na manipulação de produtos alimentares;• Supervisão das práticas de manipulação;• Cumprimento do plano de limpeza e desinfecção estabelecido;• Comprovação do cumprimento dos programas de limpeza e desinfecção dos locais;• Manutenção dos sistemas de frio das câmaras de refrigeração e de congelação;• Utilização de embalagens adequadas com suficiente protecção;• Evitar sobrecargas, limitando a altura de sobreposição de embalagens;• Respeito pelas condições de paletização do produto;• Desenho funcional e manutenção do bom estado físico das instalações.
PONTO DE VENDA	
Perigos	<ul style="list-style-type: none">• Desenvolvimento microbiológico devido a condições inadequadas de temperatura nos expositores;• Contaminação por manipulação inadequada de produtos alimentares não embalados no ponto de venda;• Contaminação por manutenção deficiente das condições físicas das instalações e dos equipamentos;• Contaminação por manutenção deficiente das condições de higiene das instalações e dos equipamentos;• Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens, derivada da má manipulação no ponto de venda; (rotura, golpes, sobrecarga, protecção insuficiente das embalagens).



**Medidas de
Controlo**

- Regulação da temperatura dos expositores de refrigerados e congelados para as condições requeridas pelo produto (para produtos refrigerados e congelados);
- Calibração das sondas de temperatura dos expositores de refrigeração e congelação associados à monitorização e controlo da temperatura nos expositores (para produtos refrigerados e congelados);
- Monitorização das temperaturas dos expositores de produtos refrigerados e de produtos congelados;
- Não colocação/manutenção de produtos refrigerados ou congelados fora das câmaras apropriadas;
- Não colocação de produto em excesso nos expositores de produtos refrigerados e congelados;
- Comunicação/sensibilização de boas práticas aos consumidores (e.g. manter portas – de expositores – fechadas);
- Reposição rápida de produtos nas prateleiras ou arcas (para produtos refrigerados ou congelados);
- Verificação da rotação dos produtos no linear, nomeadamente assegurando a não existência de produto com o prazo de validade expirado;
- Colocação dos lotes de produto mais antigos na parte frontal dos lineares;
- Verificação do estado de integridade das embalagens dos produtos aquando da sua colocação nos lineares;
- Cumprimento de boas práticas de higiene na manipulação de produtos alimentares;
- Supervisão das práticas de manipulação;
- Cumprimento do plano de limpeza e desinfeção estabelecido;
- Comprovação do cumprimento dos programas de limpeza e desinfeção dos locais;
- Desenho funcional e manutenção das instalações e dos equipamentos, nomeadamente dos sistemas de frio dos expositores de refrigeração e de congelação;
- Utilização de embalagens adequadas com suficiente protecção;
- Disposição do produto em condições que minimize o impacto do consumidor quando o manipula.



Capítulo 2

02





Estrutura física de instalações de expedição e distribuição

- 2.1** - Enquadramento
- 2.2** - Considerações iniciais de construção
 - 2.2.1** - Localização
 - 2.2.2** - Definição de layout e da sua dimensão
 - 2.2.3** - Disposição e colocação
- 2.3** - Concepção da instalação
- 2.4** - Cais de carga e descarga
- 2.5** - Armazéns refrigerados
 - 2.5.1** - Pavimentos
 - 2.5.2** - Paredes
 - 2.5.3** - Preparação da superfície
 - 2.5.4** - Acabamentos
 - 2.5.5** - Tectos
 - 2.5.6** - Portas
 - 2.5.7** - Instalação eléctrica
 - 2.5.8** - Inovações no armazenamento refrigerado
- 2.6** - Isolamento
 - 2.6.1** - Tipos de isolamento
 - 2.6.2** - Resistência térmica do isolamento

Objectivos do Capítulo

- Apresentar e discutir os requisitos relativos a instalações para a conservação de produtos alimentares nos diversos tipos de estabelecimentos;
- Apresentar as principais características dos tipos de armazéns frigoríficos (câmaras de refrigeração e câmaras de conservação de congelados) e discutir as suas vantagens;
- Detalhar os aspectos relevantes na concepção de instalações de armazenamento de produtos alimentares a temperatura controlada, incluindo os aspectos relevantes em termos de segurança alimentar;
- Ilustrar a aplicação dos conceitos e requisitos relevantes na concepção de instalações de frio para a conservação de produtos alimentares.





2.1 - Enquadramento

O desenvolvimento, concepção e manutenção da estrutura física dos estabelecimentos de armazenamento e distribuição são factores essenciais da segurança alimentar. A manutenção da temperatura dos produtos alimentares perecíveis, sejam produtos refrigerados ou congelados, constitui um elemento fundamental para a garantia da segurança alimentar ao longo de toda a cadeia, até ao consumidor final.

Existem diferentes tipos de instalações para a conservação de produtos alimentares refrigerados ou congelados. Estas instalações, normalmente designadas por instalações refrigeradas são quaisquer edifícios ou secções de edifícios que conseguem controlar as condições de armazenamento usando a refrigeração. As instalações básicas são armazéns refrigerados (ou câmaras de refrigerados) que protegem os produtos alimentares a temperaturas normalmente acima dos 0°C e armazéns de congelados (câmaras de congelados), onde os produtos são conservados a temperaturas inferiores a 0°C. Este tipo de instalações podem estar instalados em diferentes tipos de unidades, nas quais se podem incluir instalações de processamento, entrepostos de armazenamento, instalações dos distribuidores ou retalhistas.

Independentemente da localização da instalação, pretende-se que as instalações de frio sejam capazes de assegurar condições dentro das câmaras que preservem o produto armazenado. Para assegurar a manutenção de frio adequada e temperaturas uniformes nos espaços de armazenamento, devem ser tidos em consideração os seguintes elementos:

- O fluxo de circulação de ar e a sua influência sobre o produto armazenado;
- O efeito da humidade relativa;
- A ventilação da instalação;
- A temperatura do produto à entrada;
- A temperatura de armazenamento adequada para o produto;
- O tempo de armazenamento expectável para o produto;
- Os movimentos de entrada e saída na área de armazenamento.

O armazenamento refrigerado de produtos alimentares pode ser classificado em cinco categorias (ASHRAE, 2006):

- Atmosfera controlada de longo prazo para o armazenamento de frutos e vegetais;
- Armazéns ou câmaras de refrigerados para temperaturas iguais ou superiores a 0°C;
- Armazéns ou câmaras de congelação para temperaturas mais elevadas, entre -2 e -3°C;
- Armazéns ou câmaras de congelação, para produtos congelados em geral, normalmente mantidos de -20 a -29°C;
- Armazenamento de baixa temperatura de -20 a -29°C, com capacidade de refrigeração de produtos recebidos com uma temperatura superior a -18°C.

2.2 - Considerações iniciais de construção

2.2.1 - Localização

A selecção do local de construção está naturalmente condicionada pelo tipo de instalação à qual está associada. É no entanto possível identificar um conjunto de aspectos a ter em consideração em termos gerais, para os quais será necessário salvaguardar as eventuais restrições específicas existentes. Entre os aspectos a considerar na construção é possível enumerar:



- A conveniência da localização para produtores, transportadores, e distribuidores, considerando a importância de evitar o congestionamento das áreas;
- A facilidade de acesso a boas vias de comunicação rodoviária, ferroviária, marítima ou aérea;
- A disponibilidade de espaço amplo para a movimentação de camiões, espaço da fábrica útil e para futura expansão;
- A disponibilidade de terreno a preços razoáveis;
- A existência de infraestruturas apropriadas, incluindo o fornecimento de água e energia;
- A existência de infraestruturas e meios adequados para assegurar a eliminação de resíduos e águas residuais;
- O impacto do barulho de equipamento tais como os ventiladores e sistemas de frio possam ter nas populações caso a localização seja próxima de zonas residenciais;
- Aparência externa que não seja agressiva à comunidade;
- A segurança das instalações e dos trabalhadores;
- Os requisitos de segurança alimentar (Baptista, P. e Noronha, J., 2003).

2.2.2 - Definição do layout e da dimensão

A configuração e dimensão do edifício de uma instalação de armazenamento de frio são determinadas pelos seguintes factores:

- O tipo de transporte utilizado na recepção e/ou distribuição de produtos alimentares;
- A percentagem relativa de produtos alimentares a serem armazenados em áreas de refrigeração e de congelação;
- A existência de produtos que requerem condições especialmente controladas, tais como frutos frescos e vegetais, que pode justificar a necessidade de existirem salas individuais de armazenamento;
- O pescado, manteigas, e nozes também requerem tratamentos especiais. Onde a ocupação geral pode ser reduzida devido a condições de sazonalidade, deve ser considerado o fornecimento de espaços multiusos;
- O tempo de armazenamento expectável para os produtos;
- A dimensão dos lotes de produtos alimentares a armazenar, que pode condicionar o tipo de estantaria a utilizar (e.g. fixa ou móvel);
- O modo de armazenamento do produto. No caso de utilização de paletes a possibilidade de sobrepor paletes ou a utilização de estantaria (“racks”) que possibilitam a utilização de toda a altura do armazém e a paletização de todas as mercadorias fechadas em caixas;
- A disponibilização de espaços para aluguer. Neste caso deverá ser considerada a existência de uma área isolada para as operações do arrendatário.

2.2.3 - Disposição e colocação

Tipicamente, a altura dos espaços refrigerados é de pelo menos 8.5 a 10.5 metros. A utilização de estantaria/ sistemas de “racks” para paletes permite alturas ainda superiores. Na prática, a altura da colocação de paletes sem os “racks” é de 4.5 a 5.5 metros, devido a limitações da resistência estrutural das caixas onde os produtos estão embalados quando diversas paletes são sobrepostas. O espaço livre acima é usado para as unidades de ar,



de distribuição de ar, de iluminação e, eventualmente, da rede de combate a incêndios. Geralmente, é necessário um espaço mínimo de 2 a 3 metros do topo do produto à base da estrutura metálica para assegurar que não existem interferências na circulação do ar que comprometam uma adequada distribuição do ar no espaço de armazenamento.

A área de base da instalação onde serão armazenados vários tipos de produtos alimentares pode ser calculado com base em 130 a 160 kg/m³, no pressuposto que os corredores e o volume acima da estantaria no armazém representam 40% do volume total. Em arranjos específicos ou instalações de produção, os produtos podem ser colocados com menores áreas de corredor, pelo que aquele valor pode ser reduzido para 20%.

2.3 - Concepção da instalação

A maioria das instalações refrigeradas possuem uma estrutura de um único andar. Pequenas colunas em centros abertos permitem o armazenamento em paletes com um custo mínimo do espaço. Este tipo de edifício normalmente fornece espaço para carga e descarga de veículos. Na sua concepção devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Dificuldades de movimentação para realização de operações de carga e descarga, nomeadamente a movimentação horizontal dos empilhadores;
- Dificuldade de utilização de toda a altura de estantaria devido à existência de muitos produtos alimentares armazenados, de pequenos lotes e grande movimentação dos mesmos;
- Necessidade de tratamento do pavimento de forma a permitir uma adequada protecção face às condições de uso;
- Custo de terreno com capacidade de construção. Uma instalação de um único piso com uma altura de estantaria moderada ou baixa possui um elevado custo por unidade de área e unidade de volume armazenado devido ao elevado rácio de custo de construção e custo de terreno. No entanto, os custos operacionais são tipicamente mais baixos em instalações com um único piso.

A Figura 2.1 mostra o layout de uma instalação de refrigeração, com um único piso, para produtos congelados a -23°C. A instalação é composta tipicamente pelos seguintes elementos:

- Sala do equipamento de frio;
- Cais de carga e/ou descarga refrigerados com portas de fecho e mangas de isolamento;
- Portas automáticas entre as áreas, ou eventualmente nalguns pontos de cortinas plásticas ou de vai-vem;
- Armazenamento de baixa temperatura mantido a -23°C ou menos;
- Sistemas de “racks” para colocação de paletes, de modo a facilitar o manuseamento de pequenos lotes e respeitar o princípio do “first-in, first out”, ou do “first end, first out”;
- Sala do equipamento de congelação, para produtos em que seja necessário fazer baixar a temperatura antes de armazenar;
- Espaço de armazenamento refrigerado;
- Espaço de gabinete para a realização de actividades de carácter administrativo;
- Espaço para o armazenamento de paletes vazias;
- Espaço para o carregamento de baterias/empilhadores;



- Sistemas de protecção de acordo com a legislação em vigor;
- Área de repouso para funcionários.

É por vezes usado um desenho modificado de instalações com um só piso para reduzir as distâncias de tráfego horizontais e os custos de terreno. Uma alternativa é localizar os serviços não produtivos (incluindo gabinetes e equipamento de frio) maquinaria) num segundo piso, por exemplo, sobre a área de plataforma dos camiões, de forma a afectar o piso térreo a operações produtivas e de armazenamento.

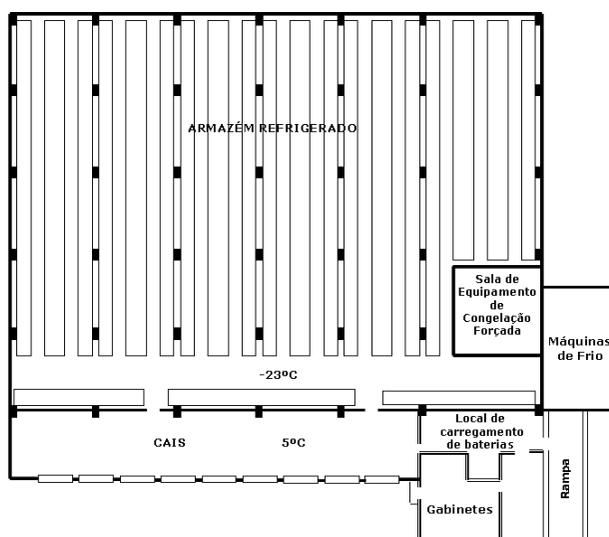


Figura 2.1 – Layout de uma instalação de refrigeração

2.4 - Cais de carga e descarga

Os requisitos de controlo de temperatura para todos os passos no manuseamento levaram ao desenvolvimento de cais de carga e descarga com ante-câmaras refrigeradas. Estes espaços são muito importantes no sentido de manter o produto em condições adequadas de temperatura durante as operações de carga e descarga, minimizando a probabilidade de ocorrerem alterações significativas na temperatura do produto que podessem pôr em causa a qualidade e, eventualmente, a segurança alimentar do produto. Na realização das operações de carga e descarga é importante que os operadores tenham a preocupação de minimizar o tempo que o produto permanece no cais. Na carga, é também muito importante assegurar que, antes de se iniciar a carga, o sistema de frio do veículo se encontra ligado e que a caixa de transporte se encontra à temperatura pretendida para o produto a transportar.

A colocação de mangas em volta das áreas de acostagem dos camiões reduz a infiltração de ar exterior. Mangas insufláveis ou telescópicas que selem os espaços entre o camião e a doca reduzem ainda mais a entrada do ar exterior. Deve-se ter também atenção ao espaço entre o camião e o cais na parte inferior, junto à plataforma elevatória ou à rampa. Os custos das portas, das mangas e da refrigeração influenciam igualmente a dimensão do cais de descarga e do número de portas.



Uma temperatura entre 2 e 7°C nos cais de descarga apresenta diversas vantagens:

- Reduz a refrigeração da carga em áreas de baixa temperatura, onde a exigência de energia por unidade de capacidade é maior;
- Ocorre menor formação de gelo no armazenamento a baixas temperaturas, porque o ar a infiltrar-se na área é mais frio e menos húmido;
- Os produtos refrigerados mantidos nas docas mantêm uma temperatura mais favorável, mantendo assim a qualidade do produto;
- A embalagem mantém-se em bom estado porque se mantém seca;
- Os colaboradores nas instalações estão mais confortáveis dado que as diferenças de temperatura são menores. É no entanto necessário que os operadores disponham de vestuário e equipamento apropriado para os proteger adequadamente do frio;
- É necessária uma menor manutenção dos empilhadores e de outros equipamentos porque a condensação é reduzida;
- É reduzida ou eliminada a necessidade de ante-câmaras para o espaço de congelação;
- As áreas do chão mantêm-se secas, particularmente em frente das áreas das portas. Isto ajuda à manutenção do espaço e aumenta a segurança.

Os cais de carga e descarga refrigerados mantidos a temperaturas de 2 a 7°C requerem cerca de 190W de refrigeração por metro quadrado de área de pavimento (ASHRAE, 2006).

Os cais de carga e descarga e os corredores devem ter espaço livre suficiente para permitir a:

- Movimento de bens de e para armazenamento;
- Colocação de paletes e de equipamento necessário às operações;
- Realização de actividades de controlo de recepção.

A altura dos pavimentos dos veículos refrigerados são muito variáveis mas são normalmente maiores do que as dos veículos não refrigerados. A altura das docas de camiões devem respeitar os requisitos da frota de veículos que é expectável que utilizem as instalações. Os camiões de maiores dimensões geralmente requerem uma altura de 1370mm acima do pavimento, no entanto, os veículos de distribuição local podem ser muito menores. A instalação de rampas ajustáveis permite compensar alguma diferença de alturas que possa existir. A possibilidade de o empilhador ou o porta-paletes poder entrar dentro do veículo de transporte é uma mais-valia pois reduz o tempo das operações de carga ou descarga.

O número de cais de descarga depende de vários factores, sendo que a dimensão da instalação e a rotação do produto armazenado constituem os elementos mais importantes. Como orientação, para uma capacidade de armazenamento de 30000 m³, devem existir entre 7 e 10 pontos de acostagem de camiões.

As portas devem ser fortes mas suficientemente leves para uma fácil abertura e fecho. O material deve ser de boa qualidade, dispondo de vedantes apropriados que garantam um fecho com um adequado nível de estanquicidade, de modo a minimizar a circulação de ar frio a partir do espaço de armazenamento. Recomenda-se que as portas de armazém de congelados tenham aquecimento de modo a evitar a formação de gelo na porta que bloqueie a sua abertura.



2.5 - Armazéns refrigerados

No armazenamento em frio, mais do que noutras construções, o projecto deve assegurar que uma adequada instalação pode ser conseguida em condições bastante adversas. Os materiais devem ser compatíveis uns com os outros e a construção deve ser feita por trabalhadores cuidadosos sob a vigilância de um supervisor experiente e com formação adequada.

2.5.1 - Pavimentos

Os pavimentos de instalações de refrigeração de frio positivo (acima de 0 °C) não necessitam de nenhum tratamento particular sob o pavimento. No caso de instalações mantidas a temperaturas de congelação, a formação de gelo debaixo do pavimento pode levar ao levantamento do chão e das colunas. A aplicação de um retardador de vapor deve ser considerada para evitar que o sub-solo eventualmente congele e consequentemente qualquer humidade no solo também congele e cause danos no pavimento. O aquecimento artificial, quer através da circulação de ar através de condutas subterrâneas ou por glicol que circule em tubagens plásticas, é o método adequado para prevenir este fenómeno. Resistências eléctricas de aquecimento instaladas sob o pavimento podem também ser usados para prevenir a formação de gelo. Em climas quentes, tubos subterrâneos com ar ambiente podem também ser suficientes. A escolha do método de aquecimento depende do custo de energia, da fiabilidade e dos requisitos de manutenção. Os sistemas de condutas de ar devem estar protegidas com ralos na extremidades para prevenir a entrada de roedores e quaisquer outros materiais que possam tapar a passagem do ar. As tubagens devem possuir uma inclinação para assegurar uma adequada drenagem da água. A Figura 2.2 representa um sistema de tubagens de aquecimento no pavimento para armazéns de congelados (ASHRAE, 2006).

Este tipo de sistema de tubagens subterrâneas é também apropriado para facilitar uma futura expansão da área de armazenamento. O calor é fornecido por um qualquer tipo de sistema de permutadores de calor e o fluido (e.g. propileno-glicol, água glicolada) circula a uma temperatura que normalmente varia entre 10 e 21 °C. As tubagens nas quais o fluido circula são normalmente plásticas e são colocadas imediatamente por debaixo do isolante. O calor a ser fornecido através das tubagens corresponde ao calor perdido através do pavimento. Um valor de referência de 4.1 W/m² é um valor recomendado (ASHRAE, 2006).

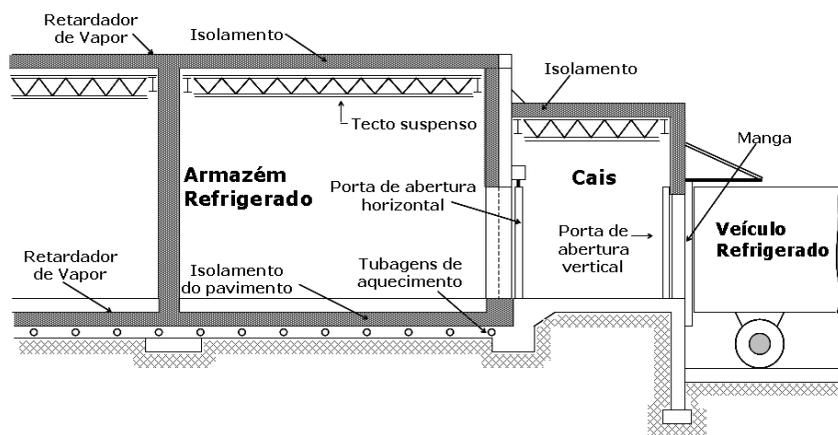


Figura 2.2 - Sistema de tubagens de aquecimento no pavimento para armazéns de congelados



O aquecimento sob a área de doca em frente das portas do armazém de congelados ajuda a eliminar a humidade na porta e nas juntas do pavimento.

Os drenos do pavimento devem ser evitados se possível, particularmente em armazéns de congelados. Se forem necessários, devem possuir dimensões curtas e serem colocados suficientemente altos para permitir que a drenagem e a canalização sejam instaladas acima da estrutura do isolamento.

2.5.2 - Paredes

A construção das paredes deve ser concebida de forma que o menor número possível de elementos penetre na estrutura envolvente do isolamento. Onde for usada a construção de paredes em cimento ou tijolo, o caixilho da estrutura deve ser independente das paredes exteriores. A parede exterior não pode ser usada como parede estrutural a menos que seja usado um tecto de isolamento suspenso.

Quando são necessárias partições interiores do isolamento, arranjos de duas colunas nas partições previnem que membros estruturais penetrem as paredes de isolamento. Para assegurar um bom nível de operação e um tempo de vida longa do isolamento, a construção de uma estrutura deve ser usada quando possível.

Membranas resistentes a abrasões, tais como filmes de polietileno preto com espessura de 0.254mm, são adequadas como retardadores de vapor. A contracção dos acabamentos interiores é mais importante do que a expansão, dado que a temperatura a que os armazéns são normalmente mantidos são muito inferiores à temperatura ambiente aquando da instalação dos materiais.

2.5.3 - Preparação à superfície

A superfície em que é aplicado o material de isolamento deve ser lisa e estar livre de sujidades. Quando as temperaturas forem de congelação, as paredes devem estar niveladas e não devem ser porosas. Caso o tipo de cimento aplicado não seja fino, a superfície deve ser tratada com revestimento tipo plastificante.

No caso do isolante ser aplicado na forma de spray, a superfície deve ser aquecida e seca. Quaisquer rachas ou juntas de construção devem ser preparadas. Toda a sujidade solta deve ser removida para assegurar uma boa ligação entre o isolamento e a superfície. Superfícies bastante lisas podem requerer agentes de ligação especiais.

Nenhuma preparação especial da superfície é necessária para os painéis de isolamento usados no revestimento do edifício, assumindo que as superfícies são razoavelmente lisas.

2.5.4 - Acabamentos

Os painéis da estrutura de isolamento com exteriores em metal ou faces interiores reforçadas de plástico são os mais utilizados em armazéns de refrigerados e congelados. Este tipo de estrutura impede a humidade de contactar com o material de isolamento, protegendo-o. As juntas entre painéis constituem potenciais pontos de entrada de humidade, pelo o acabamento entre juntas é muito importante.

Todas as paredes de isolamento e tectos devem ter também acabamentos interiores. O acabamento deve ser impermeável ao vapor de água e à humidade. Para seleccionar um acabamento interior que respeite os requisitos de uso, devem ser considerados vários factores nos quais de incluem a resistência ao fogo, os requisitos de lavagem, os danos mecânicos, a permeabilidade a humidade e vapor. Todas as paredes interiores de espaços com isolamento térmico devem ter protecções (e.g. protecções metálicas junto a pilares e a esquinas) para evitar a possibilidade de danos nos acabamentos (e.g. resultantes de choques de empilhadores).



2.5.5 - Tectos

Não é pouco comum, as instalações de refrigeração possuírem espaços intersticiais acima ou adjacentes aos espaços frios em instalações refrigeradas. A razão para esse espaço pode ser de projecto ou expansão das instalações.

O método de construção de tectos suspensos é preferível para conseguir um completo envelope térmico e de vapor. Os materiais de isolamento podem ser colocados no tecto ou pavimento acima do espaço refrigerado em vez de colado à estrutura do telhado. Se este tipo de construção não for possível, e o isolamento tiver de ser instalado directamente sob o tecto, então o retardador de vapor, o isolamento, e os materiais de acabamento devem ser mecanicamente suportados pela estrutura acima em vez de serem suportados meramente com a aplicação de adesivo. A qualidade da aplicação e uma adequada selagem dos pontos de penetração (e.g. pontos de fixação do isolamento, colunas, condutas) é essencial para assegurar um bom nível de isolamento.

Devido ao espaço refrigerado não ser normalmente sujeito a variações de temperatura, o caixilho da estrutura é normalmente desenvolvido sem juntas de expansão ou contracção se estiver inteiramente incluído na estrutura de isolamento.

Se as instalações de refrigeração não possuírem sistemas de ventilação ou de renovação do ar, a humidade no ar irá condensar na superfície fria, e pode originar por via da corrosão, da penetração do gelo ou por outras formas a degradação da estrutura envolvente do isolamento e conseqüentemente também deste. A colocação de um desumidificador é uma das possibilidades. No entanto, o método mais frequentemente utilizado para prevenir a condensação é ventilar continuamente espaço.

Os tectos suspensos são muitas vezes desenhados para permitir a passagem de tubagens e cablagens de redes da infraestrutura e também as respectivas actividades de inspecção e manutenção.

2.5.6 - Portas

A selecção e aplicação de portas de armazéns de frio são uma parte fundamental do desenho das instalações e possuem um importante papel na economia geral das operações. A tendência é possuir cada vez menos e melhores portas. Os produtores oferecem muitos tipos de portas com a espessura adequada de isolamento para o uso pretendido.

No caso de portas em armazéns de frio negativo, quando ocorre a infiltração de ar exterior, este mistura-se com o ar dentro dos congeladores, formando cristais de gelo no ar. Estes cristais podem-se acumular nas paredes, nos tectos e podem conduzir a formação e acumulação de gelo no pavimento. Como consequência, aumenta a probabilidade de acidentes pessoais e danos nos equipamentos e veículos. A acumulação de gelo do pavimento reduz também a produtividade pois a eficiência das operações é diminuída em consequência das limitações que os empilhadores vão ter na sua movimentação.

Na selecção de uma porta devem-se ter em consideração vários factores, nos quais se incluem:

- A sua adequabilidade ao tráfego a que vai estar sujeita, nomeadamente em aspectos relacionados com a rapidez de abertura e a sua resistência a choques;
- A sua dimensão, na perspectiva das perdas de calor que ocorrem aquando da sua abertura;
- A capacidade de isolamento, para minimizar a trocas de calor com o exterior através dela;
- Os requisitos de manutenção, para assegurar que a realização deste tipo de actividades não compromete a operacionalidade da instalação.



Na concepção das portas devem ser tidos em consideração diversos elementos, nos quais se incluem:

- As portas devem ser revestidas por uma leve chapa metálica ou de plástico que reforçam a protecção das portas. Portas em áreas mais sujeitas a choques devem ser protegidas com chapas metálicas mais grossas, na totalidade da porta ou apenas em parte;
- As portas de maior dimensão ou operadas com mais frequência e mais sujeitas a danos devem possuir igualmente protecções laterais nas paredes e, eventualmente, para segurança das pessoas protecção nas zonas de passagem;
- Para prevenir a formação de gelo e o mau funcionamento das portas daí resultante, as portas podem ter sistemas de aquecimento eléctrico automático. Os dispositivos de segurança que respeitam códigos eléctricos devem ser usados;
- As portas devem estar localizadas de forma a abrigar com segurança os produtos e facilitar uma operação economicamente eficaz das operações de carga e descarga;
- As portas devem ter no mínimo um tamanho que deixe livre, pelo menos, 30 cm de cada um dos lados de uma palete;
- As dimensões específicas de uma porta podem requerer variações desta recomendação. Normalmente uma altura de 3 metros é adequada para a generalidade dos empilhadores utilizados.

2.5.7 - Instalação eléctrica

Os cabos eléctricos devem ser levados para a sala refrigerada através do menor número possível de sítios (preferivelmente um), furando apenas uma vez a parede retardadora de vapor e o isolamento. Os cabos revestidos a plástico são recomendados para este tipo de situações. As instalações de luzes no espaço de armazém não devem ser seladas ao vapor mas devem permitir uma livre passagem da humidade. Deve-se tomar atenção para manter a selagem de vapor entre o exterior dos serviços eléctricos e o retardador de vapor do armazém refrigerado.

2.5.8 - Inovações no armazenamento refrigerado

Armazéns automatizados

Os armazéns automatizados normalmente contêm arranjos de “racks” altos e fixos com estantaria móvel que pode ser completamente automática, semi-automática ou de controlo manual. Os sistemas de controlo podem ser ligados a um sistema de computadores que retém o inventário completo de produtos e suas localizações. A automação de armazéns é ainda bastante limitada em Portugal. Embora exija um investimento inicial substancialmente mais elevado, existe um conjunto de vantagens na automação que podem justificar a opção:

- Manutenção do “first-in, first-out”;
- A estrutura interna é alta, requerendo um espaço de terreno mínimo e fornecendo um custo por metro cúbico mais baixo;
- Minimização dos danos nos produtos;
- Minimização dos custos directos de manuseamento do material.



Para além do custo inicial do sistema e do edifício existem outras desvantagens relativamente aos armazéns convencionais que devem ser considerados:

- O acesso pode ser mais lento, dependendo do fluxo do produto e localização;
- O equipamento de refrigeração pode ser de difícil acesso para a manutenção.

Método de refrigeração

Tipicamente a refrigeração dos espaços de armazenamento é efectuada através da refrigeração do ar e da sua circulação no espaço de armazenamento. Existem, no entanto, soluções alternativas ou complementares em que são as paredes, o chão e os tectos que são refrigerados. A refrigeração mecânica de paredes, chão e tectos pode ser uma opção económica para o controlo da temperatura. Neste tipo de concepção, existem tubagens que se encontram embebidas ou espaços de ar através dos quais o ar refrigerado circula para fornecer o frio. A refrigeração suplementar por circulação de ar pode ser fornecida por unidades de ar condicionado de salas frias que funcionam apenas quando necessário.

2.6 - Isolamento

2.6.1 - Tipo de isolamento

Existem três métodos principais de criar o isolamento pretendido (ver Secção 2.5), nomeadamente:

- Através de isolamento mecanicamente aplicado (isolamento rígido);
- Aplicando estruturas de painéis isolados;
- Através de sistemas adesivos ou de aplicação na forma de spray.

Em qualquer destas técnicas, o material de isolamento é selado dentro de uma estrutura envolvente em contacto com o isolamento, apertando-o. Esta estrutura envolvente tem de ser resistente à humidade e ser suficientemente resistente para não ser facilmente violada por acção mecânica inadvertida.

Isolamento rígido

Materiais de isolamento, tais como poliestireno, poliuretano e materiais fenólicos, provaram ser satisfatórios como materiais de isolamento quando instalados com um retardador de vapor adequado e acabamentos com materiais que fornecem protecção contra incêndios e superfícies higiénicas. A selecção do material de isolamento deve ser baseada nos custos do material de isolamento, incluindo acabamentos, dos requisitos de higiene e de protecção contra incêndios.

Painéis de isolamento

O uso de painéis de isolamento pré-fabricados para paredes de isolamento e construção de tectos encontra-se largamente divulgado. Estes painéis podem ser montados à volta da estrutura do edifício ou contra outro tipo de paredes. Os painéis podem ser isolados na fábrica quer com poliestireno ou poliuretanos. Outros materiais de isolamento não tendem a serem utilizados na construção em painéis.



As vantagens básicas, para além das económicas, da utilização de painéis de isolamento são a simplificação da reparação e manutenção devido à sua superfície exterior servir também como retardador de vapor e ser acessível. Esta é uma grande vantagem se a estrutura vier a ser alargada no futuro.

Aplicação de espumas de isolamento

Este método de aplicação ganhou grande aceitação como resultado do desenvolvimento do isolamento de poliuretano e do equipamento para instalação. As máquinas portáteis com mangueiras de spray alimentam o isolamento nas cavidades das paredes, pavimento e tectos, para encher sem juntas o espaço fornecido para construção de isolamento monolítico. No entanto, dado que este material não oferece grande resistência ao vapor, a sua aplicação na construção de pavimentos deve ser limitada.

2.6.2 - Resistência térmica do isolamento

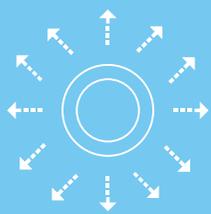
O valor da resistência térmica (R) do isolamento necessário varia com a temperatura mantida no espaço de refrigeração e as condições envolventes da sala. A Tabela 2.1 mostra os valores de resistência térmica recomendados para diferentes tipos de instalações. A amplitude dos valores R deve-se a variações nos custos de energia, materiais de isolamento, e condições climatéricas. Para valores mais exactos devem ser consultados o projectista e/ou o fornecedor do material de isolamento a utilizar. Não devem, contudo, ser utilizados valores de resistência térmica inferiores aos que constam da Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Valores resistência térmica recomendados para o isolamento

AMPLITUDE DA TEMPERATURA NO ARMAZÉM (°C)	RESISTÊNCIA TÉRMICA (m ² K)/W		
	Pavimentos	Paredes/ tectos suspensos	Telhados
4 a 10	Isolamento do perímetro c)	4.4	5.3 a 6.2
-4 a 2	3.5	4.2 a 5.6	6.2 a 7.0
-23 a -29	4.8 a 5.6	6.2 a 7.0	7.9 a 8.8
-40 a -46	5.3 a 7.0	7.9 a 8.8	8.8 a 10.6

Se um armazém de refrigerados puder vir a ser convertido num armazém de congelados no futuro, deve-se considerar o isolamento da instalação com valores R mais elevados para aquela que é expectável vir a ser a secção de congelados. Se for necessária uma elevada humidade relativa no armazém, então o isolamento do pavimento deve ser pelo menos igual ao recomendado para as paredes.





Capítulo 3

02





Sistemas de refrigeração

- 3.1** - Enquadramento
- 3.2** - Fluidos frigorigéneos
- 3.3** - Ciclo de refrigeração
- 3.4** - Componentes essenciais de um sistema de refrigeração por compressão de vapor
 - 3.4.1** - Compressor
 - 3.4.2** - Condensador
 - 3.4.3** - Evaporador
 - 3.4.4** - Válvula de expansão
 - 3.4.5** - Ventilador
 - 3.4.6** - Equipamento de regulação e controlo
- 3.5** - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor
- 3.6** - Ciclo real de compressão de vapor

Objectivos do Capítulo

- Identificar e descrever os principais fluidos frigorigéneos utilizados em equipamentos de refrigeração;
- Apresentar os princípios básicos de transferência de calor em equipamentos de frio;
- Descrever os componentes essenciais de um sistema de refrigeração e o seu modo de funcionamento.





3.1 - Enquadramento

Desde tempos imemoráveis o Homem debateu-se com a problemática da conservação de géneros alimentícios, pois o carácter sazonal e a distribuição irregular de géneros por regiões impuseram a procura de formas de conservação que permitissem o transporte e o armazenamento para posterior consumo. Os métodos tradicionais de preservação de alimentos (secagem, fumagem, salga e salmoura) apresentam diversas desvantagens, como sejam a alteração da aparência e do sabor inicial, a limitação do tempo de armazenamento, entre outros, embora sejam inteiramente adequados a prolongar o período de preservação dos alimentos. Como a conservação de alimentos se resume à prevenção ou retardamento da deterioração, independentemente do processo de refrigeração utilizado, é necessário ter em consideração que existem diversos graus de qualidade dos produtos alimentares frescos em função da etapa de deterioração até se tornarem impróprios para consumo. O objectivo da conservação de produtos alimentares consiste na manutenção dos alimentos num escalão de qualidade o mais elevado possível no que respeita à aparência, odor, sabor e conteúdo nutritivo, já que destes elementos depende o valor comercial, além da segurança alimentar dos consumidores.

O frio constitui o único meio de conservação de alimentos no seu estado natural, pelo que outro dos métodos tradicionais destinados à conservação de alimentos perecíveis consistia na colocação de blocos de gelo em câmaras de grandes dimensões juntamente com os produtos alimentares armazenados durante o Inverno com o objectivo de consumir alimentos arrefecidos pelo calor de fusão do gelo armazenado. Este método continua actual, em países servidos por redes de frio adaptadas e tecnologicamente avançadas, nas malas isotérmicas utilizadas para conservar e manter refrigerados os alimentos e bebidas em situações em que não se possa recorrer a uma fonte externa de energia.

Quando em meados do século XIX o Homem descobriu a propriedade frigorigénea dos gases, isto é, a capacidade de retirar calor de um sistema quando submetido à expansão, iniciou-se a produção industrial de gelo. Desde então, a actividade comercial de conservação de produtos alimentares perecíveis em grande escala desenvolveu-se até à imprescindível necessidade que possui hoje em dia.

3.2 - Fluidos frigorigéneos

O sector da refrigeração teve uma franca expansão nos países desenvolvidos após a 2ª Guerra Mundial, data quando as cadeias de frio começaram a ser estabelecidas. No entanto, a evolução em tecnologias e em fluidos refrigerantes foi mais lenta, e apenas em 1987 com a assinatura do Protocolo de Montreal, é que o sector da refrigeração iniciou modificações profundas que permitiram hoje em dia a existência de uma gama larga de novos fluidos refrigerantes e tecnologias alternativas.

A produção de frio artificial baseia-se no princípio físico de acordo com o qual todo o fenómeno de evaporação é acompanhado pela dissipação de calor. Assim, será necessário construir um sistema baseado naquele princípio, que funcione continuamente, isto é em circuito fechado, que extrai o calor de um determinado recinto hermeticamente fechado.

Tipicamente, os sistemas de refrigeração fazem uso de um ciclo termodinâmico de compressão de vapor que será alvo de posterior descrição. Os fluidos utilizados no ciclo de refrigeração são vulgarmente designados por



fluidos frigorigêneos. Os fluidos frigorigêneos usados no início da actividade comercial e industrial da refrigeração eram o amoníaco, o dióxido de enxofre e o cloreto de metilo. Dadas as propriedades destes fluidos, o processo de refrigeração era, por vezes, perigoso, explosivo, inflamável e tóxico. Além do que, necessitavam de pressão elevada para atingir capacidade frigorigénea necessária à fabricação económica de gelo.

As características destes fluidos têm em consideração os seguintes requisitos de modo a tornarem a sua utilização em ciclos de compressão de vapor mais eficiente e segura:

- O fluido deverá evaporar-se em condições de pressão não demasiado baixa e de temperatura suficientemente baixa, de modo a serem conseguidas temperaturas na superfície do evaporador suficientemente baixas de modo a que a transferência de calor com o fluido que contacta permita refrigerá-lo, fluido esse que, por sua vez, irá contactar com os alimentos;
- A compressão do fluido deverá permitir liquefazê-lo a uma temperatura não muito superior à de um fluido barato e acessível, pelo que não poderá atingir uma pressão e uma temperatura crítica no circuito, já que não seria condensável;
- A compressão do fluido deverá poder ser feita sem atingir grandes valores de pressão, uma vez que estes obrigam a grandes taxas de compressão e a um aumento de custo do compressor;
- O fluido deve ainda ter um calor de vaporização tão elevado quanto possível, à temperatura de evaporação, para se poder utilizar um caudal em massa não muito elevado;
- O fluido, no estado de vapor, deverá ter um volume específico tão baixo quanto possível, para que o caudal a comprimir seja também tão baixo quanto possível, não obrigando a um esforço tão grande de compressão, ou a um compressor de maiores dimensões;
- O fluido não deverá congelar a uma temperatura próxima da do evaporador. A congelação do fluido iria impedir o sistema de realizar o propósito para o qual foi projectado, já que na proximidade do ponto de congelação o aumento da viscosidade do fluido poderia anular ou reduzir a taxa de transferência de calor;
- O fluido a utilizar deverá ser quimicamente estável, na gama de pressões e temperaturas a utilizar, em mistura com o lubrificante ou relativamente ao material de que é construído o equipamento, de modo a evitar a corrosão no equipamento;
- O fluido deverá apresentar um baixo custo, permitir uma fácil detecção de fugas, de preferência não inflamável/explosivo, isoladamente nem em misturas com o ar. De preferência deverá ser não tóxico, mas no caso de apresentar um qualquer grau de toxicidade, deverá ser fácil de prevenir com a utilização de sistemas simples;
- Adicionalmente, fluido não deverá ser prejudicial ao ambiente, nomeadamente, à destruição da camada de ozono em caso de ocorrência de fugas.

Somente em 1932 foi descoberto o Refrigerante 12 (R12), mais conhecido como Freon 12. Este clorofluorcarboneto (CFC) que tem a característica de ser endotérmico quando expande ou quando vaporiza. O Freon é um gás inerte (não inflamável, não explosivo, não tóxico e não corrosivo). A pressão necessária para que suas propriedades frigorigéneas ocorram com transferência apreciável de calor para ser aplicada praticamente, era bem inferior à requerida pelos gases refrigerantes conhecidos até então. Era um “gás ideal” até ser descoberto o efeito de destruição da camada de ozono da atmosfera, fundamental para barrar o excesso de radiação solar ultra-violeta na superfície da Terra.



Na Tabela 3.1 é apresentada a comparação das características dos fluidos frigoríficos: Amónia e do Freon 12.

Tabela 3.1 - Características dos fluidos frigoríficos - Amónia e R12

PROPRIEDADE	AMÓNIA (NH_3)	R12 (CCl_2F_2)
Temperatura crítica	132 °C	115 °C
Temperatura de fusão	-78 °C	-158 °C
Entalpia de vaporização	Muito elevada	1/8 do NH_3
Estabilidade	Ataca o Cobre e ligas de Cobre	Não corrosivo
Condutividade térmica	Elevada	10% do NH_3
Toxicidade	Tóxico	Não tóxico
Destruição do ozono	Sem efeito	Nocivo
Custo	Muito barato	Muito caro

Do ponto de vista ambiental, as actividades relacionadas com a refrigeração e integradas num desenvolvimento sustentável, possuem duas componentes principais: as emissões para a atmosfera de determinados gases refrigerantes utilizados nos sistemas de refrigeração e a emissão de dióxido de carbono resultante da geração de energia requerida para o funcionamento desses sistemas. As emissões para a atmosfera de CFCs e numa menor escala, as emissões de hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), exercem efeitos de redução da camada de ozono, sendo 64 % da produção destinada ao uso em sistemas de refrigeração e ar condicionado conforme indicado em AFEAS (2001). O impacto das substâncias causadoras da redução da camada de ozono é quantitativamente medido através do seu *Ozone Depleting Potential* (ODP). Estas duas famílias de refrigerantes também são incluídas nos elementos que contribuem para o aquecimento global da Terra devido ao efeito de estufa. Embora os gases hidrofluorcarbonetos (HFCs) fossem desenvolvidos com o intuito de substituir os CFCs e HCFCs já que não degradam a camada de ozono, têm também efeitos directos no aquecimento global do planeta. Através do protocolo de Montreal, 177 países comprometeram-se a tomar medidas para protecção da camada de ozono. Este protocolo determina uma abolição gradual e total cessação do fabrico e utilização de CFCs seguidos pelos HCFCs. O objectivo do protocolo de Quioto, que ainda não foi ratificado por um número suficiente de países de modo a tornar-se numa força motriz de alteração de comportamentos, consiste na redução em 5 % das emissões de seis gases, entre os quais se encontram os HFCs, entre 1990 a 2008 e 2012. Os benefícios ambientais das estratégias delineadas são avaliados segundo uma medida objectiva de mérito ambiental, baseada na definição de um ciclo de vida real - *Life Cycle Climate Performance* (LCCP), que pondera a globalidade do impacto ambiental durante o ciclo de vida do sistema de refrigeração, embora esta medição também possa ser efectuada com o *Global Warming Potential* (GWP). De modo a combater o aquecimento global, as estratégias fundamentais a seguir consistem na redução do consumo energético, redução nas emissões de refrigerantes, investigação e desenvolvimento de novos fluidos refrigerantes e tecnologias alternativas (tecnologias que possibilitem soluções alternativas adequadas ao ciclo de compressão de vapor, como sejam as tecnologias de absorção e absorção, refrigeração solar, arrefecimento dissecante, ciclo de ar, ciclo de Stirling, arrefecimento termoeléctrico, etc...).



O conceito *Total Equivalent Warming Impact* (TEWI) leva em conta não só as emissões directas, mas também indirectas de gases utilizados nos sistemas de refrigeração que contribuem para o efeito de estufa. Os valores médios das emissões directa e indirecta do impacto total do sector da refrigeração no aquecimento global foram estimados respectivamente em 20 % devido a fugas de fluidos refrigerantes das instalações de refrigeração, e em 80 % devido às emissões indirectas de dióxido de carbono gerado pela produção (essencialmente eléctrica) de energia requerida para o funcionamento dos sistemas (IIR, 2000).

Por imperativos ambientais relacionados com a protecção da camada de ozono devido à libertação de gases com efeito de estufa, isto é, os fluidos frigoríficos contendo cloro, as novas unidades frigoríficas e de ar condicionado usam hidrofluorocarbonetos (HFC), que apenas contêm como halogéneo o flúor, como substitutos dos fluidos frigoríficos CFCs.

Por exemplo, o R134a é um substituto do R12, o qual possui propriedades semelhantes às do R12, mas não provoca a destruição da camada de ozono. Outros fluidos frigoríficos também têm sido progressivamente utilizados para a substituição do R12. Entre estes, encontram-se o R600 (n-butano), R600a (iso-butano) ou R600b (ciclo-pentano) preferencialmente utilizados em equipamentos domésticos. Todavia, os fluidos frigoríficos hidrocarbonetos clorados são ainda os mais empregues, já que, embora os sistemas mais antigos que foram concebidos para trabalhar com R12 possam ser alterados para R134a, não tem sido tomada uma acção consciencializadora para substituir os fluidos frigoríficos, nomeadamente em pequenos sistemas domésticos.

Tabela 3.2 - Propriedades dos fluidos frigoríficos de uso doméstico

PROPRIEDADES	R12	R134a	R600a
Massa molar [kg/mol]	0.121	0.102	0.058
Temperatura ebulição [K]	243.2	246.6	261.5
Temperatura crítica [K]	388	374	408
Pressão crítica [MPa]	4.01	4.07	3.65
Densidade (25 °C) [kg/m ³]	1470	1370	600
Pressão de vapor (25 °C) [kPa]	124	107	58
Entalpia de vaporização (25 °C) [kJ/kg]	163	216	376

Exemplos de fluidos frigoríficos inorgânicos comuns são o amoníaco (R717), dióxido de carbono (R744), azoto (R728), neon (R720), água (R718), etc. Como exemplos de fluidos frigoríficos orgânicos podem ser indicados o trichlorofluorometano (R11), diclorodifluorometano (R12), trifluorotrichloroetano (R113), tetrafluoroetano (R134a), etano (R170), metano (R50), etc. Na seguinte Tabela 3.3 são apresentadas algumas de propriedades físicas de fluidos frigoríficos.



Tabela 3.3 - Propriedades termodinâmicos de diversos fluidos frigoríficos

FLUIDO FRIGORIFÍCO	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO (°C)	TEMPERATURA CRÍTICA (°C)	PRESSÃO CRÍTICA (bar)	GAMA DE UTILIZAÇÃO (°C)
Hidrogénio (R702a)	-252	-240	12,8	-
Azoto (R728)	-196	-147	34,0	-
Ar (R729)	-195	-141	37,7	-
Etileno (R1150)	-104	+9	50,4	-100 a -73
Dióxido de carbono (R744)	-79	+31	73,9	-
Propileno (R1270)	-48	+92	46,6	-45 a -10
Propano (R290)	-42	+97	42,4	-40 a -5
Amoníaco (R717)	-33	+132	113,0	-35 a 0
Tetrafluoroetano (R134a)	-26	+101	40,6	-26 a 15
Butano (R600)	-1	+152	38,0	-
Água (R718)	+100	+374	221,0	+7 a +50

Nota: Uma forma rudimentar, mas simples, de avaliar a aplicabilidade de um dado fluido como frigorífico num ciclo de refrigeração, consiste na determinação da sua temperatura de ebulição normal. Quanto mais baixa for a temperatura, menor será o nível de arrefecimento que se poderá alcançar no sistema.

Idealmente e numa fase inicial de selecção, os fluidos frigoríficos deverão ser avaliados através das propriedades apresentadas na Tabela 3.4 seguinte.

Tabela 3.4 - Características relevantes dos fluidos frigoríficos

PROPRIEDADE	CARACTERÍSTICA DESEJADA	COMENTÁRIO
Temperatura crítica	Inferior à temperatura de condensação	Aproximação ao ciclo de Carnot e permitir elevado COP
Temperatura de fusão	Baixa	No evaporador deverá existir líquido
Pressão de saturação	Acima da pressão atmosférica	Evitar entradas de ar no sistema
Entalpia de vaporização	Elevada	Redução do caudal a processar
Volume específico	Baixo	Redução do trabalho do compressor e das dimensões do sistema
Condutividade térmica	Elevada	Elevadas taxas de transferência de calor
Estabilidade	Boa	Quer de substâncias puras quer de misturas
Solubilidade	Baixa	Evitar contaminação por água ou óleo



Toxicidade	Baixa	Permitir manipulação sem risco de envenenamento
Inflamabilidade	Baixa	Segurança na operação
Detectabilidade	Boa	Deteção de fugas
Destruição do ozono	Nenhuma	Prevenir a destruição da camada de ozono
Custo	Baixo	-

3.3 - Ciclo de refrigeração

O processo de refrigeração é uma transferência de energia (na forma de calor), de um corpo frio para um corpo quente, pela aplicação de trabalho externo (ou calor). Um equipamento de refrigeração é vulgarmente associado ao inverso de uma “máquina de calor” (Figura 3.1).

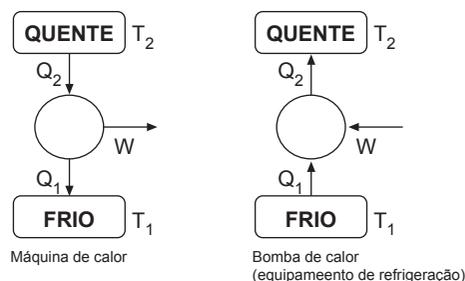


Figura 3.1 - Esquema do processo de refrigeração

O funcionamento destes sistemas pode ser avaliado através do denominado Coeficiente de Performance (*Coefficient Of Performance – COP*) da bomba de calor ou do equipamento de refrigeração, análogo à eficiência térmica (η_{th}) da máquina de calor. Qualquer destas quantidades define o efeito útil do equipamento de refrigeração que consiste na remoção de calor ao objecto frio, ou seja, a obtenção de uma quantidade Q_1 fornecendo o trabalho W (usualmente de um compressor).

$$COP_{refrig} = \frac{\text{Calor removido}}{\text{Trabalho fornecido}} = \frac{Q_1}{W}$$

Outros dois importantes parâmetros igualmente associados aos ciclos de refrigeração são:

- O efeito refrigerante q [kJ/kg], que é o calor removido à fonte fria por unidade de massa de fluido refrigerante;
- A capacidade de refrigeração Q [kJ/s], que é a taxa de calor removida à fonte fria.

Um ciclo de refrigeração simples (Figura 3.2) é o inverso do Ciclo de Carnot para o trabalho num fluido condensável, formado por um compressor, um condensador, um dispositivo de expansão e um evaporador.

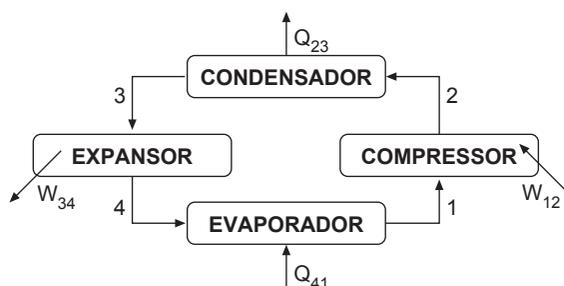


Figura 3.2 - Ciclo de refrigeração simples

Embora teoricamente este sistema funcione, na prática não é utilizado em vapores condensáveis uma vez que a mistura que chega ao dispositivo de expansão é um líquido ou contém uma mistura de vapor e líquido. Na prática, é muito difícil conseguir um sistema de expansão (ou compressão) de misturas húmidas devido a impedimentos mecânicos. De forma a evitar estas dificuldades práticas no ciclo de refrigeração, foram feitas duas modificações (Figura 3.3):

- O dispositivo de expansão foi substituído por uma válvula;
- O fluido é completamente evaporado na saída do evaporador, de modo a que ao compressor chegue somente gás.

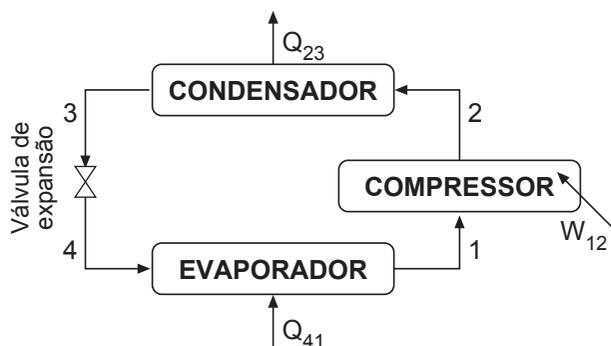


Figura 3.3 - Ciclo de refrigeração modificado

Esta alteração apresenta no entanto algumas desvantagens:

- Como a válvula de expansão cria entropia, e a energia disponível para permuta no evaporador é inferior;
- Para uma dada taxa de compressão, o trabalho do compressor é superior ao do ciclo simples pois na descarga o gás está sobreaquecido;
- O valor do COP é inferior ao COP do inverso ideal do Ciclo de Carnot pois a condensação não é isotérmica e a válvula de expansão é irreversível.

Um ciclo de refrigeração por compressão de vapor consiste numa série de processos executados sobre e por um fluido frigorigéneo. O ciclo é constituído dos seguintes processos:

- Compressão do vapor (realização de trabalho sobre o vapor, transferindo-lhe potência);



- Condensação do vapor (transferência de calor com o meio frio);
- Expansão do líquido após condensação;
- Evaporação do líquido (transferência de calor com o meio quente).

3.4 - Componentes essenciais de um sistema de refrigeração por compressão de vapor

Antes de avançar para análise dos ciclos de refrigeração, são apresentados esquematicamente os quatro componentes principais dos sistemas frigoríficos de compressão de vapor: evaporador, compressor, condensador e válvula de expansão, de forma a familiarizar o leitor com os sistemas disponíveis no mercado.

3.4.1 - Compressor

Equipamento destinado a aumentar a pressão de um gás ou escoamento gasoso. Ao comprimir o fluido frigorígeno na forma de vapor, para além de aumentar a sua pressão, aumenta a sua temperatura do vapor, até um valor situado suficientemente acima do valor de temperatura de um fluido abundante e barato, ar ou água, que será utilizado na sua condensação.

Os compressores utilizados nos equipamentos de refrigeração operam com fluidos bastante específicos e em condições de sucção e descarga pouco variáveis, possibilitando assim o seu fabrico em série. Consoante o funcionamento podem ser subdivididos em dois grandes grupos:

- **Volumétricos ou de deslocamento positivo:** rotativos, alternativos, de parafuso, *scroll*, *swing*;
- **Roto dinâmicos ou de deslocamento cinético:** centrífugos e axiais.

Adicionalmente, consoante o tipo de acesso ao seu interior, podem ser subdivididos em:

- **Aberto:** compressor separado do motor sendo a transmissão usualmente efectuada por correias;
- **Semi-hermético:** compressor acoplado a um motor eléctrico, estando ambos encerrados num invólucro metálico;
- **Hermético:** compressor acoplado a um motor eléctrico, estando ambos encerrados num invólucro metálico selado.

3.4.2 - Condensador

Equipamento destinado a permitir a que o fluido frigorígeno comprimido, no estado gasoso, dissipe calor para um fluido que constitui o meio externo. Durante este processo de transferência de calor, o fluido perde energia e condensa-se. Os fluidos externos utilizados para arrefecer o condensador são tipicamente a água ou o ar. No entanto, existe um tipo de condensador onde é pulverizada água na parte exterior aos tubos, de forma a aumentar a troca de calor, aproveitando o calor latente da água (condensador evaporativo).

3.4.3 - Evaporador

Equipamento destinado a permitir que onde o fluido frigorígeno receba calor do meio que se pretende arrefecer. Não é mais do que um permutador de calor que arrefece um fluido exterior a uma temperatura constante (a temperatura de vaporização do fluido frigorígeno à pressão de trabalho). Durante este processo de transferência



de calor, o fluido recebe energia e evapora-se. Consoante o seu tipo de funcionamento, podem ser subdivididos em dois grupos:

- **Inundados:** evaporador em que existe uma quantidade de líquido, cujo volume é controlado pelo seu nível;
- **Secos:** evaporador em que todo o líquido que nele entra, sai nas condições de vapor.

3.4.4 - Válvula de expansão

Equipamento destinado a permitir o controlo do caudal de fluido frigorígeno condensado ao evaporador, servindo assim como órgão de separação entre a zona de pressão mais elevada e a zona de pressão mais baixa no circuito frigorífico de compressão de vapor.

As principais válvulas que necessitam de corrente eléctrica são:

- **Válvula motorizada:** válvula operada por um pequeno motor eléctrico (actuador);
- **Válvula solenóide:** válvula que abre ou fecha por acção do efeito electromagnético.

Em termos genéricos o recurso a válvulas electrónicas permitem um melhor rendimento da instalação quando comparado com o rendimento que as válvulas convencionais permitem.

3.4.5 - Ventilador

Quando apropriada a obtenção de maiores taxas de transferência de calor ou a formação de uma cortina de ar em equipamentos de refrigeração abertos ao ar ambiente, são frequentemente utilizados ventiladores. Consoante o funcionamento podem ser distinguidos os seguintes tipos:

- **Axial:** o caudal tende a seguir numa direcção paralela à do eixo do ventilador;
- **Centrífugo:** a admissão é efectuada axialmente e a descarga radialmente, num plano normal à direcção da admissão.

3.4.6 - Equipamento de regulação e controlo

Os equipamentos de regulação e controlo normalmente existentes num equipamento de refrigeração destinam-se a avaliar as alterações duma propriedade do fluido no ponto de leitura. Um sensor faz a medição da propriedade, enviando um sinal proporcional à grandeza lida. Os equipamentos de controlo mais usuais são:

- **Termóstato:** controlo de temperatura;
- **Pressostato:** controlo de pressão;
- **Higrostatato:** controlo da humidade (pouco utilizado nas pequenas unidades).

O posicionamento do sensor no local (ou locais) a controlar é importante. A qualidade das condições obtidas e a eficiência do sistema depende dum correcto posicionamento dos sensores.

3.5 - Ciclo de refrigeração por compressão de vapor

Os processos ocorridos num ciclo de refrigeração por compressão de vapor retratam as alterações, de temperatura e de pressão responsáveis pelas transferências de calor, que o fluido frigorígeno sofre (Figura 3.4). Um modo gráfico de esboçar os processos que ocorrem num ciclo é através dos diagramas de estado. Há vários tipos de



diagramas que podem ser utilizados para este efeito, sendo os mais usuais os que relacionam as propriedades do fluido: pressão, p , com a entalpia, h , (diagrama de Mollier) e os que relacionam a temperatura, T , com a entropia, s (Figura 3.5).

Inicialmente, será descrito o ciclo ideal de compressão de vapor já que o ciclo real desvia-se do ciclo idealizado, não obstante sendo constituído pelos mesmos processos. Este ciclo ideal é de seguida representado esquematicamente e no diagrama de Mollier (p - h):

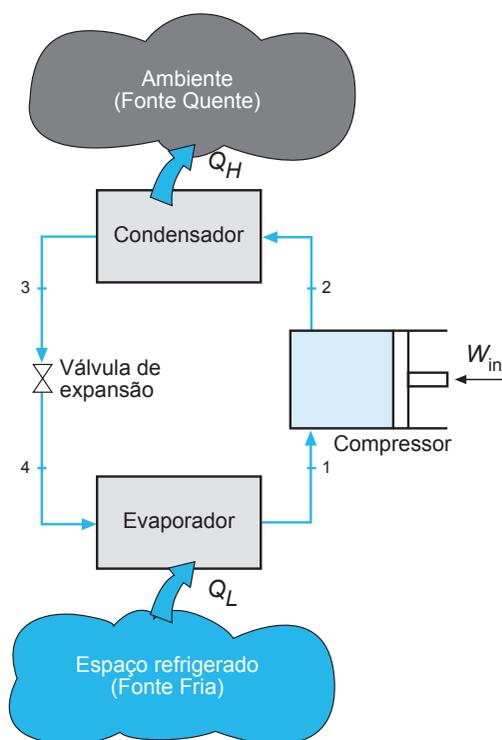


Figura 3.4 - Representação esquemática do ciclo ideal de refrigeração por compressão de vapor

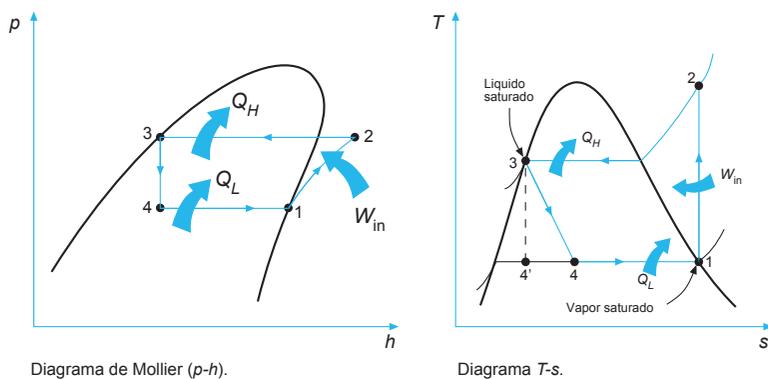


Figura 3.5 - Ciclo de compressão de vapor ideal



No diagrama de Mollier (p-h) podem ser distinguidas as seguintes regiões:

- **Ponto 1** → **Ponto 2**: O fluido frigorigéneo entra no compressor como vapor saturado sofrendo uma compressão adiabática, isto é, sem trocas de calor com o exterior (aliás isentrópica, a entropia constante) no compressor até a pressão de condensação. Durante este processo a temperatura do fluido aumenta acima da temperatura do meio envolvente;
- **Ponto 2** → **Ponto 3**: O fluido frigorigéneo entra no condensador como vapor sobre aquecido onde é realizada a dissipação de calor isotérmica até atingir o estado de líquido saturado, todavia, com uma temperatura superior à do meio envolvente;
- **Ponto 3** → **Ponto 4**: Expansão do líquido após condensação a entalpia constante através de um tubo capilar ou válvula de expansão com o objectivo de regular a admissão de fluido frigorigéneo ao evaporador. Durante este processo a temperatura do fluido desce abaixo da temperatura do espaço que se pretende refrigerar. O arrefecimento provoca uma diminuição da pressão, sendo o fluido frigorigéneo parcialmente vaporizado;
- **Ponto 4** → **Ponto 1**: Absorção de calor do espaço que se pretende refrigerar no evaporador, sendo o seu estado alterado para vapor saturado e retornando ao Ponto 1.

Matematicamente, o ciclo de refrigeração por compressão de vapor pode ser descrito pela formulação da Equação da Energia, aplicável para um sistema em regime permanente, para um escoamento unidimensional com conservação de massa, isto é, $m_s = m_e = m$.

$$\dot{Q} - \dot{W}_{util} = \frac{dE_{VC}}{dt} + \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s \dot{m}_s - \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e \dot{m}_e$$

Em que,

- \dot{Q} Potência calorífica [W];
- h Entalpia, [kJ/kg];
- g Aceleração da gravidade, ($= 9,81$ [m/s²]);
- e Cota, [m];
- m Massa, [kg];
- \dot{W} Potência, [W].

A análise de cada um dos processos pode ser realizada separadamente pela consideração de volumes de controlo (VC):

- Ponto 1 → Ponto 2: Compressão - Modelo ideal do compressor

Considerando as seguintes simplificações na definição do modelo baseado na equação de energia:

- (1) regime permanente: $\frac{dE_{VC}}{dt} = 0$;



(2) processo de compressão é adiabático e reversível, isto é, é isoentrópico: $\dot{Q} = 0$;

(3) existe conservação de massa: $m_e = m_s = m$: $\sum \dot{m}_s = \sum \dot{m}_e = 0$;

(4) variações de energia cinética e potencial são desprezáveis:

$$\left(\frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s = \left(\frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e = 0 ;$$

(5) a pressão é constante (esta é uma aproximação).

Sendo W o trabalho realizado sobre o VC, o processo será descrito por:

$$\dot{Q} - \dot{W}_{util} = \frac{dE_{VC}}{dt} + \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s \dot{m}_s - \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e \dot{m}_e$$

$$\dot{W} = (h_2 - h_1)\dot{m}$$

• Ponto 2 \longrightarrow Ponto 3: Condensação - Modelo ideal do condensador

• Ponto 4 \longrightarrow Ponto 1: Evaporação – Modelo ideal do evaporador

A aplicação da Equação da Energia aos processos de condensação e evaporação é análoga e assenta nos mesmos pressupostos:

(1) regime permanente: $\frac{dE_{VC}}{dt} = 0$;

(2) só existe trabalho de escoamento (incluído na entalpia): $\dot{W}_{util} = 0$;

(3) existe conservação de massa: $m_e = m_s = m$;

$$\sum \dot{m}_s = \sum \dot{m}_e = 0 ;$$

(4) variações de energia cinética e potencial são desprezáveis face à variação da entalpia:

$$\left(\frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s = \left(\frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e = 0 ;$$

(5) a pressão é constante (esta é uma aproximação).

$$\frac{dE_{VC}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}_{util} + \sum \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s \dot{m}_s - \sum \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e \dot{m}_e$$



Assim:

$$\text{Condensador ideal: } \dot{Q} = (h_3 - h_2)\dot{m}$$

$$\text{Evaporador ideal: } \dot{Q} = (h_1 - h_4)\dot{m}$$

• Ponto 3 \longrightarrow Ponto 4: Expansão - Modelo ideal da válvula de expansão

Assumindo que:

$$(1) \text{ regime permanente: } \frac{dE_{VC}}{dt} = 0;$$

$$(2) \text{ processo é adiabático: } \dot{Q} = 0;$$

(3) existe conservação de massa: $m_e = m_s = m$;

$$\sum \dot{m}_s = \sum \dot{m}_e = 0;$$

(4) variações de energia cinética e potencial são desprezáveis:

$$\left(\frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s = \left(\frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e = 0$$

A equação da energia virá:

$$\frac{dE_{VC}}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}_{util} - \sum \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_s \dot{m}_s + \sum \left(h + \frac{1}{2}v^2 + g\Delta e \right)_e \dot{m}_e$$

$$\text{Expansão ideal: } 0 = (h_4 - h_3)\dot{m}$$

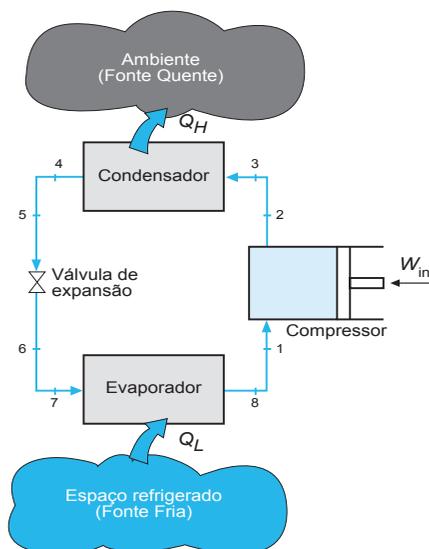
Isto é,

$$\text{Evaporador ideal: } h_4 = h_3 \quad (\text{processo isoentálpico})$$

Consequentemente, é irreversível pois não é isoentrópico: isto é, um processo adiabático isoentálpico não é isoentrópico.

3.6 - Ciclo real de compressão de vapor

Os ciclos de refrigeração por compressão de vapor reais diferem dos ciclos ideais, em grande parte, devido às irreversibilidades dos processos. Na Figura 3.6 são apresentados o esquema de um ciclo real por compressão de vapor e respectivo diagrama de estados T-s que esquematizam estas diferenças.



Representação esquemática do ciclo real de refrigeração por compressão de vapor

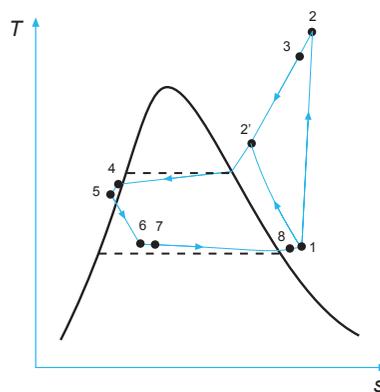


Diagrama T-s

Figura 3.6 - Ciclo de refrigeração real

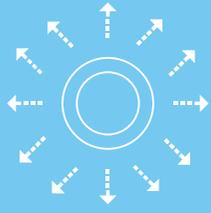
Os desvios que ocorrem nos processos podem ser descritos como:

- O fluido frigorífero que abandona o evaporador e entra no compressor poderá não estar no estado de vapor saturado, já que não é possível controlar precisamente o estado do fluido. Esta consequência deve-se em grande parte ao processo de transferência de calor entre o fluido frigorífero e o ambiente envolvente. Para tal, o sistema é projectado para que o fluido à entrada do compressor se encontre sobre-aquecido;
- Perdas de pressão significativas na tubagem entre o evaporador e o compressor por efeito de atrito e por transferência de calor, o que resulta num aumento do volume específico e consequentemente na potência requerida ao compressor;
- O processo de compressão real envolve efeitos de atrito que poderão aumentar o reduzir a entropia dependendo do sentido da transferência de calor do processo;
- O processo de condensação poderá não ser completo devido a perdas de pressão fazendo com que o fluido à saída do condensador não se encontre no estado de líquido saturado. Assim, torna-se adequado sub arrefecer o fluido antes de passar pela válvula de expansão.

Assim, sendo o objectivo de um ciclo de refrigeração, a remoção de calor do ar ambiente a ser refrigerado, o seu COP – Coeficiente de Performance, é definido como sendo a razão entre o calor retirado e o trabalho realizado:

$$COP_{refrig} = \frac{Q_L}{W}$$

Idealmente,
$$COP_{refrig} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$



Capítulo 4

02





Equipamento de refrigeração

- 4.1** - Enquadramento
- 4.2** - O mercado mundial de equipamentos de refrigeração
- 4.3** - Equipamentos expositores refrigerados
 - 4.3.1** - Expositores verticais - murais
 - 4.3.2** - Expositores horizontais - ilhas
 - 4.3.3** - Vitrinas
- 4.4** - Características gerais
 - 4.4.1** - Funcionamento
 - 4.4.2** - Serviço
 - 4.4.3** - Economia
 - 4.4.4** - Ecologia
 - 4.4.5** - Marketing
 - 4.4.6** - Cortinas de ar
 - 4.4.7** - Outras considerações
- 4.5** - Aplicações de comercialização
 - 4.5.1** - Versão laticínios
 - 4.5.2** - Versão de carne
 - 4.5.3** - Versão de hortofrutícolas
 - 4.5.4** - Versão de produtos congelados e gelados

Objectivos do Capítulo

- Apresentar os tipos de equipamentos de frio nos pontos de venda e as suas principais características (Expositores frigoríficos horizontais, verticais, abertos, fechados), analisando comparativamente os equipamentos disponíveis e discutindo as suas vantagens/desvantagens e a sua adequabilidade face à natureza dos produtos a conservar;
- Apresentar e os discutir os aspectos relevantes a ter em consideração no design higiénico de equipamentos, em particular expositores;
- Descrever as principais características de equipamentos expositores refrigerados utilizados para produtos alimentares;
- Demonstrar a aplicação dos diferentes tipos de equipamentos expositores refrigerados para vários tipos de produtos alimentares e discutir a sua importância na preservação da qualidade e segurança alimentar desses produtos.





4.1 - Enquadramento

O frio constitui o único meio de conservação de alimentos no seu estado natural. Porém apenas se revela eficaz caso seja aplicado com continuidade, desde a produção dos produtos até ao seu consumo.

A temperatura é um factor importante para manter a qualidade dos alimentos armazenados, a diminuição da temperatura faz com que ocorra uma diminuição da velocidade das reacções que produzem a deterioração da qualidade dos alimentos. O efeito conservador do frio baseia-se na inibição total ou parcial dos principais agentes responsáveis pela alteração dos alimentos. Assim, a aplicação do frio nas suas vertentes mais importantes – refrigeração e congelação -, permite alargar a vida útil dos alimentos, quer sejam frescos ou processados, durante períodos de tempo relativamente longos, com uma repercussão mínima nas suas características nutritivas e organolépticas.

Também na distribuição os equipamentos de frio têm vindo a ser cada vez mais utilizados de modo a preservar a qualidade dos alimentos. Os equipamentos de exposição de produtos alimentares perecíveis conservados pelo frio, conjuntamente com os equipamentos de transporte são, regra geral, por questões técnicas e comerciais, os pontos mais deficientes da cadeia de frio.

Os equipamentos de frio nos pontos de venda podem ser de diversos tipos (e.g. horizontais, verticais, abertos, fechados) segundo as características decorrentes da necessidade específica de mercado, além do cumprimento dos diversos requisitos exigidos pela normalização para a comercialização de produtos alimentares conservados e expostos em frio.

A componente da refrigeração aqui apresentada é a comercial, em que a refrigeração tem como objectivo preservar os produtos alimentares, durante a fase de comercialização, de modo a mantê-los em perfeito estado sanitário e num elevado grau de qualidade no que respeita à aparência, odor, sabor e conteúdo nutritivo, já que destes elementos depende o valor comercial do produto.

4.2 - O mercado mundial de equipamentos de refrigeração

Do ponto de vista económico os equipamentos de refrigeração comercial em utilização, são aproximadamente 10 milhões, correspondendo a vendas anuais de 18,6 mil milhões de dólares, subdivididas pelas categorias indicadas na Tabela 4.1 (IIR, 2002).

Tabela 4.1 - Vendas anuais de equipamentos de refrigeração

CATEGORIA	VENDAS ANUAIS (mil milhões de dólares)
Expositores abertos e fechados ao ar ambiente	3,00
Armários e ilhas	4,95
Pontos de venda automáticos	2,50
Máquinas de gelo	1,35
Componentes	6,80

Fonte: (IIR, 2002)



No entanto, estima-se que a procura mundial de equipamentos de refrigeração comercial aumente 5,3 % anualmente (incluindo o aumento de preços) até 2008 para cerca de 26 mil milhões de dólares, com os países em desenvolvimento a registarem os ganhos mais elevados (Freedonia, 2005). Esta situação constitui uma melhoria substancial relativamente ao período 1998-2003, reflectindo um crescimento económico acelerado na Europa oriental e em outras regiões em desenvolvimento. O desenvolvimento económico irá promover a maioria dos sectores consumidores de equipamentos de refrigeração nestas regiões. Os mercados mais promissores encontram-se na América Latina e na região Ásia/Pacífico, onde o crescimento da população e a tendência de melhoria da qualidade de vida estimularão a procura de equipamentos de refrigeração comercial. É visível a distância que separa os países industrializados dos países em desenvolvimento, pois apenas 33 % do número de frigoríficos produzidos anualmente se destina a países subdesenvolvidos embora 80 % da população mundial habite nesses mesmos países (IIR, 2002). A China apresentará um dos maiores aumentos na procura, estimando-se cerca de 8 % por ano até 2008. A Índia também exibirá um forte ganho devido à industrialização e ao aumento de investimento fixo. A América Latina, em particular o México e a Argentina irão beneficiar da recuperação económica a seguir à recessão que sofreram no início da década de 2000. Os países desenvolvidos da E.U.A., Europa Ocidental e região Ásia/Pacífico como sejam Austrália, Hong Kong, Japão, Nova Zelândia, Singapura e Coreia do Sul, apresentam já mercados estáveis de equipamentos de refrigeração comercial. Para os mercados dos E.U.A., Japão e Europa Ocidental apresentam-se previsões até 2008 de um crescimento abaixo da média quando comparados com os dos países subdesenvolvidos, embora com um melhor desempenho que o registado no período 1998-2003. Em toda esta análise, os equipamentos que liderarão o mercado de venda de equipamentos de refrigeração comercial, serão os armários e ilhas de refrigeração, seguidos dos expositores abertos. No caso particular dos países desenvolvidos e tendo como referência os E.U.A., prevê-se que a procura de equipamentos de refrigeração comercial cresça 5,5 % por ano até 2008 (incluindo o aumento de preços), excedendo os 8,6 mil milhões de dólares (Freedonia, 2004). O aumento resultará de uma melhoria no investimento de capitais à medida que a recuperação económica incentivará a renovação ou expansão das instalações existentes. O aumento dever-se-á, em grande parte, à tentativa de impulsionar as compras de produtos pelos consumidores, com a instalação de expositores abertos. As previsões indicam também um grande aumento de vendas de equipamento criogénico para unidades de cuidados de saúde, assim como para investigação médica e científica.

Actualmente, a importância do sector da refrigeração comercial tem vindo a ser acentuada pela necessidade crescente de produtos alimentares frescos ou congelados nas áreas urbanas, que na generalidade são produzidos e processados noutras áreas e que têm necessidade fundamental de serem mantidos em condições de preservação durante o transporte e no armazenamento até serem consumidos. Há que ter em consideração que muitos produtos alimentares são sazonais, pelo que deverão ser preservados de modo a se encontrarem disponíveis durante todo o ano. Também a crescente regulamentação do sector e as exigências dos consumidores relativamente à qualidade dos produtos tem pautado o crescimento do sector. As características actuais dos empreendimentos comerciais, conduzem a uma utilização mais intensiva de equipamentos destinados à exposição e conservação em frio de produtos alimentares perecíveis, bem como dos próprios sistemas de refrigeração (Flannick et al., 1994). Estes factores conduzem ao crescimento do consumo energético e a maiores custos operativos do sector comercial no que toca aos sistemas de conservação pelo frio, para além das diversas consequências ambientais daí resultantes. Paralelamente, quer pela concorrência no mercado, quer pela evolução das empresas relacionadas com os serviços



de alimentação, é exigido a este tipo de equipamentos um potencial de marketing que corresponda ao nível de desempenho comercial pretendido, mesmo que em prejuízo de uma evolução sustentada no domínio energético e ambiental. Por isso, a optimização do desempenho e da eficiência energética de equipamentos de refrigeração reveste-se de enorme importância. Esta optimização encontra-se condicionada por variados factores, pelo que se torna fundamental assegurar o desenvolvimento de meios e instrumentos de cálculo para melhorar o desempenho energético, bem como reduzir a incidência sobre o campo ambiental, garantindo a adequada conservação dos produtos alimentares perecíveis.

Face ao cruzamento de dados, os programas de conservação de energia implementados em território Norte-Americano, destinados ao sector comercial dão um ênfase particular à iluminação e aos equipamentos de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC), já que constituem 65 % do consumo anual de energia primária (produção, distribuição e perdas de transmissão) (EIA, 1995; ADL, 1993). Todavia, todo o tipo de equipamentos utilizados no sector da refrigeração comercial constitui cerca de 20 % desta carga. Os equipamentos de refrigeração consomem aproximadamente 2,3% da electricidade total dos edifícios comerciais dos Estados Unidos (ASHRAE, 2006). Já em 1996 se estimava que o consumo anual de energia primária nos Estados Unidos no sector da refrigeração comercial fosse de aproximadamente 291 TWh (ADL, 1996). Na Figura 4.1 é apresentada a contribuição dos distintos elementos que constituem o consumo energético de um supermercado, com um volume de vendas de 2 mil milhões de dólares e uma área de 4650 m² (Komor et al., 1998). Os supermercados possuem uma das intensidades de uso de electricidade mais elevadas dos edifícios comerciais, correspondendo a 1650 MJ/m² por ano (Komor et al., 1998). Na Figura 4.2 é apresentada esta estimativa diferenciada pelos distintos equipamentos de refrigeração comercial, tendo em consideração que tanto na denominação “Grandes superfícies comerciais” como “Outros” (relativa a pequenos estabelecimentos comerciais), o consumo energético deve-se em grande parte aos expositores refrigerados.

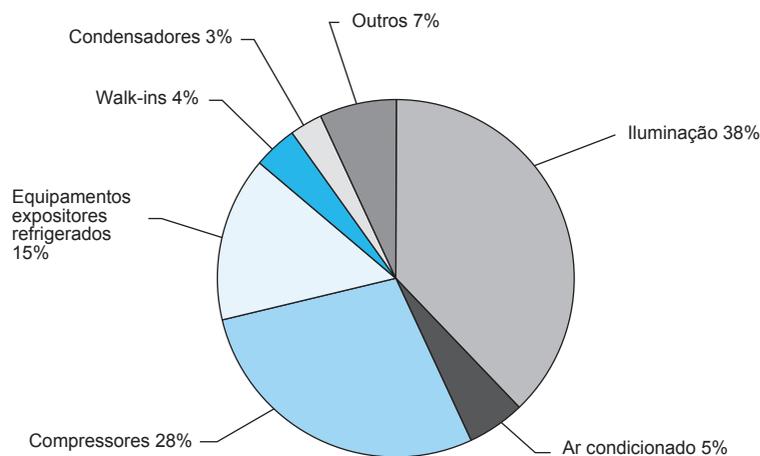


Figura 4.1 - Consumo de energia eléctrica de um supermercado típico

Fonte: (ADL, 1996)

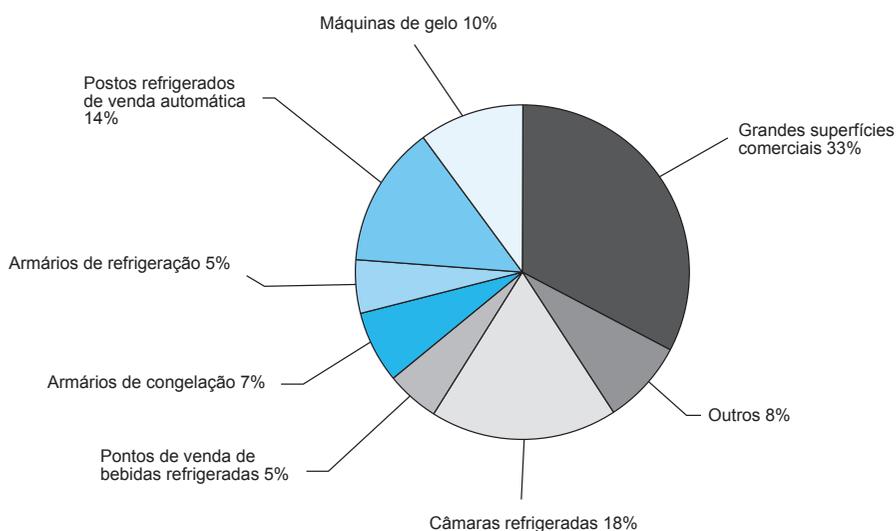


Figura 4.2 - Consumo de energia primária no sector da refrigeração comercial (291 TWh)

Fonte: (ADL, 1996)

A evolução do consumo energético de electricidade discriminado pelos equipamentos de refrigeração comercial nas análises realizadas em 1999 foi de: em qualquer tipo de equipamento, 485 TWh; em câmaras, 406 TWh; em expositores, 424 TWh, o que reflecte o aumento do número de unidades em serviço (EIA, 1999).

A análise efectuada (ADL, 1996) indica que existem grandes potencialidades de redução do consumo energético final e de energia primária em cerca de 78 TWh ($\approx 27\%$), através de desenvolvimentos nas tecnologias actuais e assumindo a implementação de tecnologias economicamente mais atractivas em todos os tipos de equipamentos. A Figura 4.3 traduz o potencial de redução do consumo de energia primária subdividida pelos vários tipos de equipamentos na utilização final de energia.

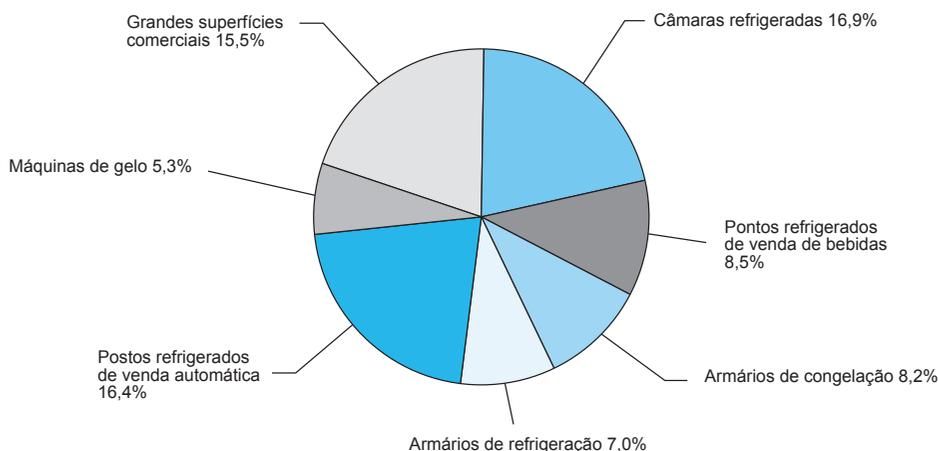


Figura 4.3 - Potencial de redução do consumo energético no sector da refrigeração comercial (TWh)

Fonte: (ADL, 1996)



O potencial de redução do consumo energético está associado a vários factores e mecanismos:

- Utilização de ventiladores e compressores de maior eficiência no processo (retorno de investimento inferior a 2 anos);
- Sistemas de descongelação por gás frigorífero quente;
- Mecanismos de anti-embaciamento, por gás quente e/ou líquidos;
- Métodos de controlo dos ciclos de descongelação (retorno do investimento para os últimos quatro factores é de aproximadamente de 5 anos).

O consumo de energia primária para a necessidade de refrigeração em estabelecimentos comerciais (supermercados) é estimado em cerca 96 TWh. Os sistemas de refrigeração nestes estabelecimentos podem ser divididos em dois segmentos que fazem uso de distintas tecnologias. As partes mais visíveis destes sistemas são os equipamentos de exposição e conservação em frio de produtos alimentares, fechados ou abertos ao ar ambiente. Neste tipo de equipamentos, o potencial de redução do consumo energético é estimado em 13,2 TWh, cerca de 14 % da totalidade do potencial de redução do consumo de energia primária em supermercados. Na Tabela 4.2, é apresentada a discriminação do potencial de redução de consumo de energia eléctrica por tecnologias em equipamentos de exposição e conservação em frio de produtos alimentares.

Tabela 4.2 - Potencial de redução do consumo de energia eléctrica para as várias tecnologias

TECNOLOGIAS	POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO	
	ELECTRICIDADE (%)	ENERGIA PRIMÁRIA (GWh)
Controlo do aquecimento de anti-embaciamento	5,7	1460,0
Controlo da descongelação	1,3	590,0
Descongelação por gás quente	3,1	880,0
Iluminação eficiente - balastros electrónicos	2,0	31,9
Isolamento	0,3	290,0
Motor DC do ventilador do evaporador (comutação elect.)	8,2	7062,0
Permutadores de calor de sucção líquida	2,4	1170,0
Pás eficientes dos ventiladores	3,2	50,4

Fonte: (ADL, 1996)

4.3 - Equipamentos expositores refrigerados

Devido a questões de marketing, os produtos expostos em diversos expositores refrigerados abertos não possuem uma barreira física entre o consumidor e o produto. A necessidade do consumidor de poder ver e manusear sem constrangimentos o produto embalado que pretende adquirir, apresenta diversos problemas técnicos. A cortina de



ar, que deverá fornecer uma barreira térmica, entre o produto e o consumidor, não é perfeita, já que o ar ambiente quente e húmido do estabelecimento comercial interage com o ar refrigerado do interior do equipamento pelas vias térmicas e mássicas, sendo também aspirado através da grelha de retorno para o sistema de refrigeração. Aspectos relativos às características geométricas dos equipamentos levam à saída de ar refrigerado pela zona inferior do expositor, de que resulta uma perda de capacidade. Todas estas situações conduzem ao aumento da carga térmica.

Factores como sejam a disposição dos equipamentos no interior do estabelecimento, condições de armazenamento, condições ambiente, padrões de carga, entre outros, influenciam directamente a temperatura dos produtos, a qual deverá permanecer o mais estável possível e próxima do seu valor adequado e necessário à conservação.

Conforme expresso por Adams (1992), considera-se a comercialização como sendo a apresentação atractiva de produtos alimentares de modo a encorajar a sua compra por parte do público em geral. Para tal, os diversos tipos de expositores refrigerados possuem diferentes características relativamente à apresentação dos produtos e diferentes consumos energéticos dependendo do tipo de produto alimentar que irão albergar. Este autor indica que a comercialização de produtos alimentares em frio corresponde a cerca de 50 % do consumo energético total de um estabelecimento comercial alimentar. Assim, verifica-se que a correcta escolha dos equipamentos refrigerados influencia directamente a apresentação dos produtos e consequente venda, bem como o consumo energético do local, pelo que, na selecção de expositores refrigerados, não deverá ser apenas considerada a apresentação do produto, mas também o seu consumo energético e custo, já que os dois factores são de primordial importância na rentabilidade do estabelecimento.

Antes de mais é necessário categorizar os equipamentos de refrigeração em função da temperatura de serviço:

i) temperatura positiva, nos quais a temperatura do evaporador é mantida entre -18 e $4,5$ °C e a temperatura dos produtos acima da temperatura de congelação; e ii) temperatura negativa, cuja temperatura do evaporador se encontra entre -40 e -18 °C e os produtos alimentares são conservados abaixo da temperatura de congelação.

Os tipos principais de equipamentos de refrigeração destinados à conservação e exposição em frio de produtos alimentares, em função das características decorrentes da necessidade específica de mercado que pretendem preencher, são:

- Expositores verticais (murais), cuja característica principal é apresentarem uma ampla área de exposição em modo de serviço de produtos (lácteos, talho e charcutaria, frutas e legumes, produtos congelados ou até mesmo possuem características multi-funcionais);
- Expositores horizontais (ilhas), indicados para aproveitarem os espaços livres e venda em modo de serviço, tipicamente destinados à exposição e conservação em frio de produtos congelados, embora também se encontrem versões de temperatura positiva para a conservação de produtos alimentares frescos;
- Vitrinas, destinadas à exposição e conservação de produtos de pastelaria e bar, talho e charcutaria, peixaria e afins. Este último tipo de equipamento é, por norma, fechado ao público.

As distintas tipologias encontram-se exemplificadas na Figura 4.4.

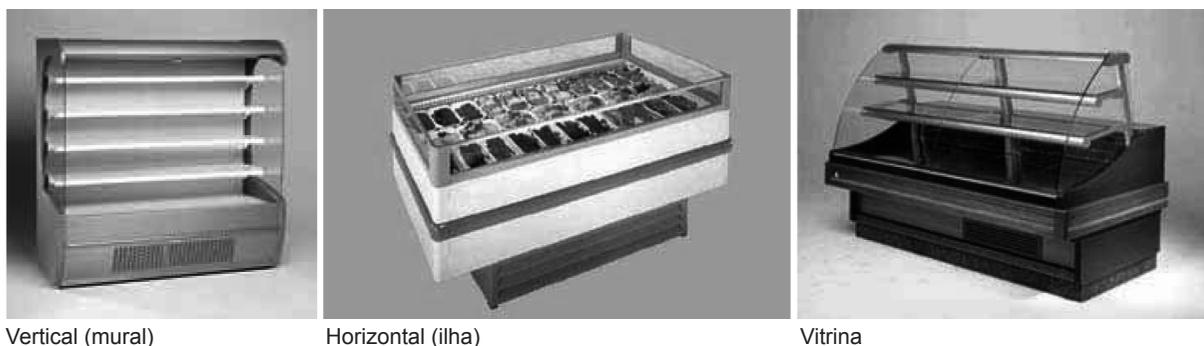


Figura 4.4 - Equipamentos expositores refrigerados (Cortesia: JORDÃO Cooling Systems®)

Cada tipo de produto alimentar perecível possui características físicas particulares, distintos modos de manuseamento e diferentes exigências de exposição, pelo que a instalação num supermercado típico de equipamentos expositores refrigerados de temperaturas positivas e negativas subdivide-se em 68 e 32%, respectivamente conforme indicado na Figura 4.5. Ainda, os equipamentos expositores refrigerados verticais destinados à conservação de produtos cárneos/charcutarias, lácteos e diários representam aproximadamente 46% da totalidade dos expositores refrigerados (Faramarzi, 2000).

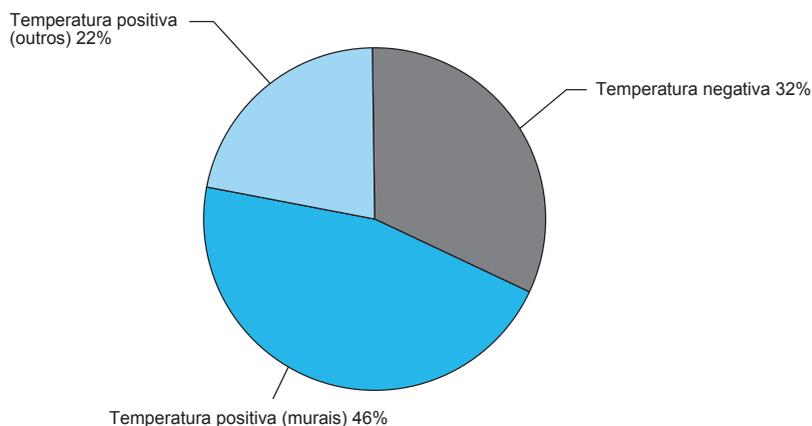


Figura 4.5 - Distribuição dos equipamentos expositores refrigerados por temperatura de serviço

Os equipamentos expositores refrigerados são projectados para comercializar produtos alimentares perecíveis tirando partido do reduzido tempo de armazenamento, no entanto, é fundamental uma correcta manutenção da temperatura dos produtos de modo a manter a sua segurança alimentar. Face aos dados das doenças e mortes provocadas pela ingestão de alimentos deteriorados, o FDA (Food and Drug Administration) recomenda que a temperatura do núcleo de produtos de talho/charcutaria, aviário, pastelaria e padaria, peixaria, lacticínios, e leguminosos não exceda 5 °C durante toda a cadeia de frio (FDA, 2001). Na Tabela 4.3 são apresentadas as temperaturas de descarga do ar refrigerado recomendadas pela ASHRAE (ASHRAE, 2006), em função dos diferentes tipos de produtos que o equipamento expositor refrigerado albergará.



Tabela 4.3 - Temperatura de descarga de ar refrigerado

TIPO DE EQUIPAMENTO	TEMPERATURA DE DESCARGA ^{a)} (°C)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
Lacticínios Multi-funcional	1,1	3,3
Frutas e legumes (empacotados) Ilhas Multi-funcional	1,7 1,7	3,3 3,3
Carne fresca (área de exposição fechada) Área de exposição	2,2 ^{b)}	3,3 ^{b)}
Carne fumada Multi-funcional	0	2,2
Carne empacotada (área de exposição aberta) Versão única Multi-funcional	-4,5 -4,5	-3,3 -3,3
Produtos congelados Ilhas Multi-funcional aberto ao ar ambiente Multi-funcional com portas	° ° °	-25° -23° -20°
Gelados Ilhas Multi-funcional com portas	° °	-31° -25°

Fonte: (ASHRAE, 2006)

Nota:

^{a)} A temperatura do ar refrigerado é medida à saída da grelha de descarga.

^{b)} A carne fresca sem qualquer tipo de empacotamento deverá ser conservada em expositores refrigerados fechados ao ar ambiente. A carne deverá ser introduzida no equipamento com uma temperatura interna de 2,2 °C, pelo que o equipamento deverá ser capaz de manter esta temperatura na zona de exposição e conservação de modo a reduzir a desidratação da carne e segurança alimentar.

^{c)} A temperatura mínima de conservação de gelados não é crítica à excepção da proporcionalidade com o consumo energético do equipamento.

4.3.1 - Expositores verticais - Murais

Quando se pretende usar os equipamentos em modo de serviço, ocupando pouca área de solo comercial e com uma elevada área de exposição que possibilita uma apresentação atractiva dos produtos alimentares refrigerados, os estabelecimentos são equipados com murais.

Na Figura 4.6 é apresentado um esquema da configuração típica de um equipamento expositor vertical aberto. O ar ambiente é aspirado através dos ventilo-convectores localizados a jusante do evaporador. Durante a passagem do ar através do evaporador, é arrefecido até à gama de temperaturas de conservação dos produtos alimentares que serão expostos. Esta massa de ar é conduzida por uma conduta posterior, que permite que parte desta massa de ar seja introduzida a baixa velocidade na zona de conservação e exposição, pela sua passagem através da perfuração da parede frontal. No entanto, devido à elevada velocidade do ar, grande parte deste caudal mássico irá formar uma cortina de ar, que acabará por se desenvolver entre as grelhas de insuflação e de aspiração.

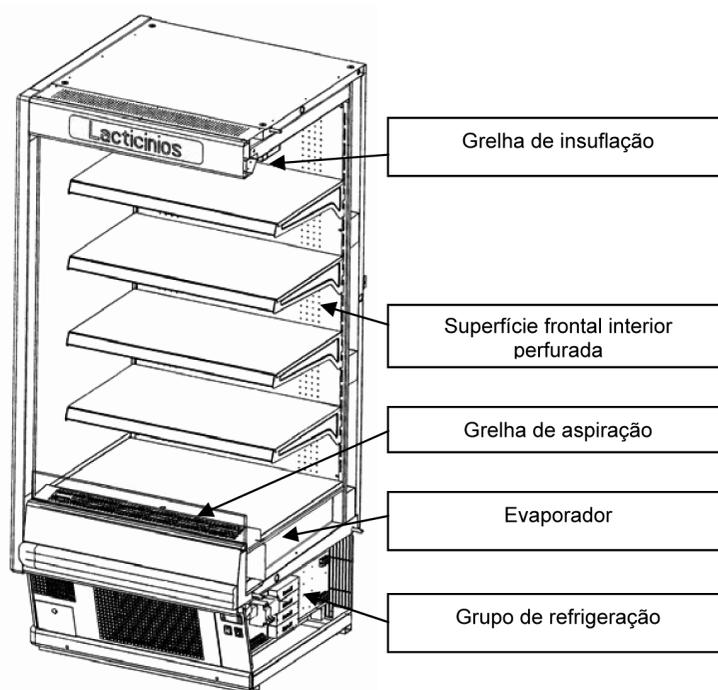


Figura 4.6 - Configuração típica de um expositor refrigerado vertical aberto (Cortesia: JORDÃO Cooling Systems®)

4.3.2 - Expositores horizontais - Ilhas

As “ilhas” são expositores horizontais amplamente utilizados em estabelecimentos comerciais destinados à venda de produtos alimentares em regime de “self-service”, disponíveis no mercado em versões para temperaturas positivas (produtos alimentares frescos) e para baixas temperaturas (congelados, gelados) (Figura 4.7).

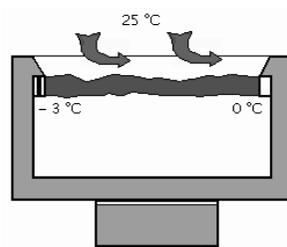


Figura 4.7 - Exemplificação de expositores horizontais (Cortesia: JORDÃO Cooling Systems®)

Regem-se pelos mesmos princípios dos gradientes de temperatura e velocidade que os expositores verticais e também possuem cortinas de ar, no entanto, desfrutam do princípio físico da gravidade que joga a favor da redução da carga total de arrefecimento. O ar refrigerado no interior do equipamento é mais pesado que o ar ambiente exterior, pelo que a cortina de ar logra uma interacção mais reduzida com o ar ambiente e assenta sobre os



produtos alimentares, mantendo-os à devida temperatura de conservação. O efeito da gravidade permite o uso de velocidades mais reduzidas e a espessura da cortina de ar é inferior, o que na realidade se traduz numa redução do consumo energético do equipamento face aos expositores verticais.

Seja qual for o tipo de expositor, verifica-se que, independentemente do uso de cortinas de ar, a temperatura de funcionamento para a qual o equipamento está projectado é alcançada mais rapidamente se este contiver uma carga alimentar que reduza o volume vazio, pois noutro caso irá favorecer a interacção térmica com o ar ambiente do estabelecimento comercial.

4.3.3 - Vitrinas

Os diversos fabricantes oferecem uma variada gama de vitrinas para pastelaria e bar, talho e charcutaria, peixaria, supermercados e restauração.

O modelo de vitrina é ideal para pequenas lojas especializadas porque permite um relacionamento óptimo entre a superfície ocupada e a área de exposição. Este tipo de expositor geralmente é fechado e apresenta uma ampla área de visibilidade dos produtos que alberga.

No caso de armazenar produtos frescos, é necessário atender às características da vitrina, em termos do funcionamento através de refrigeração estática ou ventilada.

A vitrina com refrigeração estática apresenta a vantagem de não contribuir para ressequecer os alimentos frescos, visto não possuir convecção forçada do ar refrigerado. Este facto implica uma redução na área de exposição devido às grandes dimensões do evaporador. Como a recirculação do ar no interior da área de exposição é natural, não há necessidade de ventiladores e o evaporador poderá ser colocado em diversos locais, dependendo do tipo de produto. Por norma, devido às dimensões do evaporador, este é instalado por baixo do tabuleiro ou na zona posterior da vitrina ocupando área que de outra maneira seria de exposição. Como alternativa, poderá ser colocado no topo do expositor, se o equipamento funcionar com refrigeração estática por gravidade. A vitrina com refrigeração ventilada apresenta a desvantagem de secar os produtos frescos mais rapidamente e ter um consumo energético superior, no entanto apresenta uma resposta muito superior, e ao possuir o evaporador no fundo do equipamento, a área de exposição aumenta e possibilita diversas configurações de colocação de prateleiras que beneficiam a comercialização dos produtos alimentares.

4.4 - Características gerais

As características técnicas gerais convencionadas pela generalidade dos fabricantes deste tipo de equipamentos (JORDÃO Cooling Systems®, 2000) e pelos fabricantes de dispositivos constituintes do sistema de refrigeração, tentam atender as exigências dos proprietários de estabelecimentos comerciais, sendo relativas ao:

- Funcionamento;
- Serviço;
- Economia;
- Ambiente;
- Marketing;
- Cortinas de ar.



4.4.1 - Funcionamento

Em termos de funcionamento é necessário considerar, em função do uso, os seguintes elementos:

- Sistema de refrigeração, que poderá ser por circulação natural do ar refrigerado (frio estático) ou por convecção forçada com a utilização de ventiladores (refrigeração ventilada). A escolha de uma das possibilidades encontra-se relacionada com o tipo de produtos alimentar que irá albergar, pois o primeiro destina-se a produtos com uma temperatura de conservação não muito reduzida, com a vantagem de não contribuir para ressequeir os alimentos frescos. No entanto, esta característica exige um evaporador de maiores dimensões, o que se reflecte numa diminuição da área de conservação e exposição em frio de produtos;
- Sistema de controlo da temperatura e dos ciclos de descongelação;
- Mecanismo de descongelação do evaporador, que poderá ser realizada por ventilação, resistências eléctricas ou por gás quente;
- Tipo de isolamento e materiais de construção dos equipamentos.

4.4.2 - Serviço

O tipo de serviço poderá ser considerado semelhante ao das câmaras frigoríficas, conforme a utilização destinada ao equipamento:

- Fraco, quando a frequência de abertura das portas é reduzida ou está destinado ao armazenamento de produtos sazonais ou de longa duração para congelados;
- Normal, quando se destina ao armazenamento de curta duração tanto para produtos frescos como congelados, em supermercados ou talho;
- Forte, quando se processa um elevado número de substituição de produtos;
- Muito forte, apenas nos casos em que os equipamentos estão localizados em locais anormalmente quentes.

4.4.3 - Economia

Neste momento a economia dos equipamentos é avaliada em função do rigor no controlo das temperaturas dentro da câmara de reserva (no caso dos equipamentos que possuam uma área de congelação ou armazenamento interior) e na área de exposição que auxilia na melhoria da eficiência energética dos equipamentos, bem como no tipo de isolamento (e.g. poliuretano injectado) das paredes exteriores que permite uma considerável redução no consumo energético.

4.4.4 - Ambiente

A preocupação ambiental dos fabricantes e a normalização levou à utilização de gases refrigerantes na produção de frio (e.g. R404a ou R134a) e dos gases utilizados para o tipo de isolamento (e.g. R141b) isentos de CFCs, de modo a não prejudicarem a camada de ozono.

4.4.5 - Marketing

Nos elementos de marketing a ter em consideração na comercialização dos equipamentos de refrigeração incluem-se:



- **A visibilidade:** Dependendo do tipo de equipamento, pretende-se obter uma ampla visão sobre o produto, de modo a proporcionar uma extensa área de exposição. Este factor também é obtido através do desfasamento de prateleiras, para permitir uma captação visual do produto sem condicionalismos;
- **A luminosidade:** A sensibilidade do homem aos valores e nuances cromáticos é particularmente importante em relação aos produtos alimentares. A motivação ou dissuasão pelo produto exposto poderá variar apenas pela cor da fonte luminosa, de modo que uma reflexão cromática próxima da luz do sol permite valorizar os tons naturais dos produtos frescos;
- **O design:** O design toma um papel predominante na escolha e venda deste tipo de equipamentos, tanto pela sua construção como pelos materiais e acabamentos que os caracterizam. Também se faz sentir nos elementos internos que valorizam a apresentação dos produtos, como sejam a iluminação indirecta, o peso e volume visual do equipamento;
- **A ergonomia:** Em função da ergonomia, os diversos modelos propostos pelos fabricantes foram desenhados de acordo com as condições médias de captação visual do público. Tentam permitir uma observação do produto menos condicionada pela barreira do vidro, reduzindo simultaneamente a probabilidade de reflectir pontos de luz parasitas.

Além destas características genéricas, os equipamentos de refrigeração poderão ser fechados ou abertos ao ar ambiente. Tipicamente, o primeiro caso sucede em equipamentos de refrigeração de temperatura negativa (congelação) e o segundo para equipamentos de refrigeração destinados à conservação em frio a temperaturas positivas dos produtos alimentares. Usualmente os equipamentos de refrigeração abertos ao ar ambiente dispõem de cortinas de ar.

4.4.6 - Cortinas de ar

As cortinas de ar são dispositivos frequentemente utilizados em aplicações comerciais e industriais para confinar e preservar espaços contíguos, com ambientes térmicos distintos, cujos acessos devam ser mantidos abertos por razões operacionais e/ou comerciais.

Segundo a Norma AMCA Standard 220-91 (AMCA, 1991), uma cortina de ar é definida como um jacto de ar estabelecido segundo a altura e a espessura de uma abertura, com suficiente velocidade e volume para reduzir a infiltração de ar, isto é, a transferência de calor e de massa entre um ambiente exterior e um espaço com atmosfera controlada. Destinada a confinar espaços controlados, este dispositivo deverá simultaneamente, facilitar a passagem de pessoas e equipamentos, e inibir a passagem de insectos, pó ou detritos.

Dada a sua versatilidade, assiste-se actualmente a uma crescente utilização deste tipo de equipamentos em espaços habitacionais, comerciais e industriais como vedação térmica. Todavia, face ao número de variáveis que influenciam o desempenho dos dispositivos, torna-se imprescindível desenvolver métodos que permitam otimizar o seu desempenho térmico, assim como a sua eficiência energética.

Antes de mais, há que salientar que os tipos de cortinas de ar dependem da sua aplicação específica. Relativamente aos tipos de cortinas de ar, fundamentalmente podem ser do tipo não recirculadas, frequentemente utilizadas em espaços comerciais e em câmaras frigoríficas, ou então do tipo recirculadas, usualmente encontradas nos equipamentos de exposição e conservação de produtos alimentares.



Qualquer expositor refrigerado aberto depende de cortinas de ar para impedir a entrada no seu interior, de ar ambiente a uma temperatura superior e com um conteúdo de humidade mais elevado, de modo a manter a correcta temperatura dos produtos que armazena. Na generalidade, os expositores possuem entre uma a três cortinas de ar dependendo da temperatura de funcionamento e da área da superfície da abertura de exposição. A interacção entre o ar ambiente e o ar refrigerado da cortina aumenta o fluxo de calor ao longo da cortina de ar, que por sua vez irá incrementar a carga térmica da unidade. Além disso, esta interacção causa o aumento dos níveis de humidade do equipamento, levando a uma frequência superior dos ciclos de descongelação. Assim, a redução da interacção térmica da cortina de ar com o ar ambiente aumentará a quantidade de ar refrigerado que é recirculado, reduzindo a carga de arrefecimento, bem como, diminuindo a frequência dos ciclos de descongelação, permitindo, por uma vertente, a manutenção de uma temperatura mais uniforme no interior do equipamento e, por outra, a redução do consumo energético.

Um conflito clássico entre as componentes comercial e energética, inerentes aos equipamentos expositores refrigerados pode ser exposta considerando um mesmo tipo de expositor refrigerado vertical (mural), mas com características diferentes. Assumindo um do tipo aberto e outro fechado (tipicamente com portas de vidro), o custo da refrigeração do primeiro é cerca do dobro do segundo, no entanto, tipicamente, o mural aberto possui uma taxa de venda do produto muito superior, para que o seu custo operacional se aproxime do expositor vertical fechado (Figura 4.8).

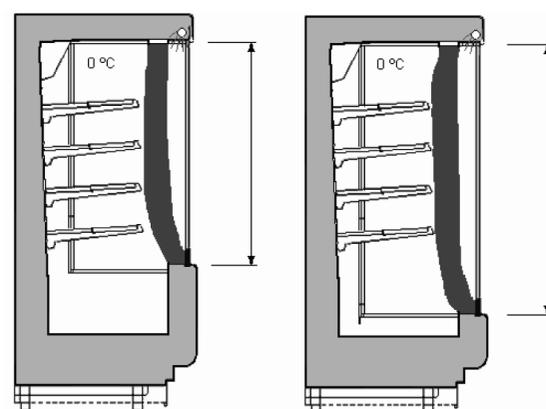


Figura 4.8 - Influência das componentes comercial e energética dos expositores

Cortina de ar simples

Os balcões frigoríficos verticais abertos de exposição em frio (Figura 4.9) baseiam-se nas cortinas de ar para impedir que o ar ambiente a uma temperatura superior penetre no ambiente frio dentro do balcão.

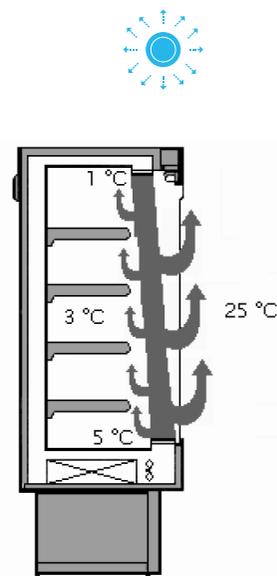


Figura 4.9 - Influência da cortina de ar nas interações térmicas

As cortinas de ar possuem um papel significativo na interação térmica do balcão frigorífico com o ar circunvizinho. O fluxo de ar de uma cortina mistura-se com o ar interior arrefecido, mas também se mistura na fronteira exterior com o ar ambiente do estabelecimento. Para maximizar a mistura na fronteira interior e minimizar na fronteira exterior, a cortina de ar deverá possuir um gradiente de temperatura ascendente e um gradiente de velocidade descendente, do interior para o exterior, tal que o escoamento a elevada velocidade e baixa temperatura assegure a mistura na fronteira interior enquanto o escoamento a baixa velocidade e temperatura ambiente na fronteira exterior minimize a mistura do ar refrigerado com o ar ambiente do local (Figura 4.10).

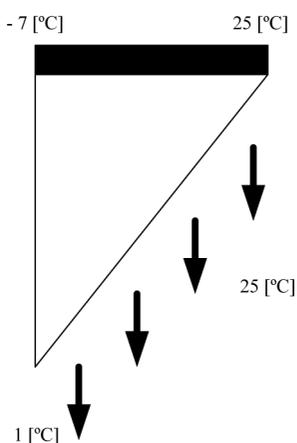


Figura 4.10 - Configuração ideal dos gradientes de temperatura e velocidade da cortina de ar

Além dos efeitos dos gradientes de temperatura e de velocidade, o fluxo de ar que abandona a grelha de descarga deverá seguir a mesma direcção, pelo que geralmente as grelhas de descarga apresentam uma configuração de favos de abelha, cujo objectivo consiste no direccionamento do escoamento e redução da intensidade de turbulência, para atenuar os mecanismos difusivos e reduzir a mistura.



A cortina de ar forma uma barreira térmica, que a baixos números de Reynolds, se apresenta como uma blocagem efectiva, tanto à entrada de ar ambiente do estabelecimento comercial como à saída de ar refrigerado do interior do expositor.

No entanto, as cortinas de ar não conseguem ser mantidas a baixos números de Reynolds e o escoamento real está situado no regime de transição. Quanto mais reduzidas forem as instabilidades do fluxo de ar da cortina, ou seja, quanto mais se reduzir o número de Reynolds de modo a tornar o escoamento completamente laminar, maior será a possibilidade de obter uma barreira de ar que reduza efectivamente a uma pequena fracção a interacção com o ar quente e húmido ambiente (Figura 4.11).

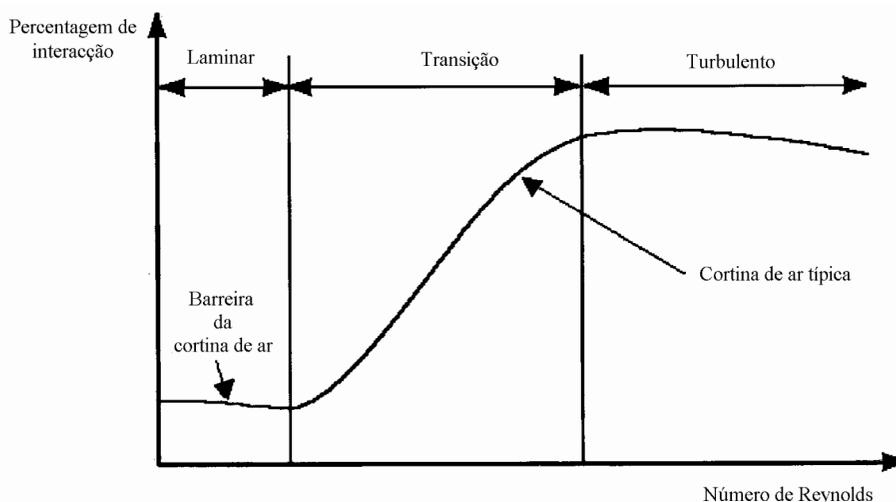


Figura 4.11 - Tendência conceptual da percentagem de interacção com o número de Reynolds

Cortina de ar tripla

Dependendo do modelo de expositor e do fim que lhe é destinado, podem ser utilizadas diversas cortinas de ar com gradientes de temperatura e velocidade não uniformes, cada uma com a sua temperatura e velocidade. A eficiência das cortinas de ar é afectada pela diferença de densidade entre o ar refrigerado e o ar ambiente, assim, quanto mais reduzida for a temperatura de funcionamento e maior for a abertura vertical do expositor, maior deverá ser a espessura e a velocidade da cortina de ar. Encontram-se no mercado, equipamentos de refrigeração abertos ao ar ambiente que fazem uso de mais do que uma cortina de ar (Figura 4.12). Usualmente destinam à conservação de produtos congelados.

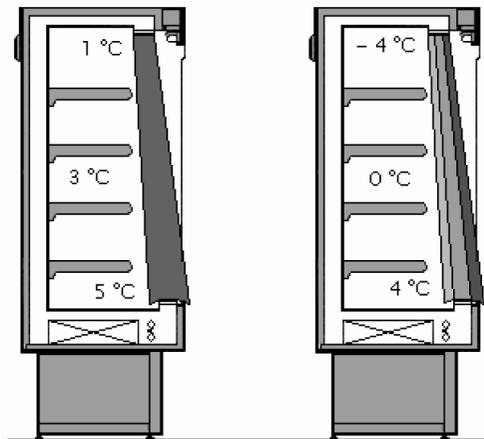


Figura 4.12 - Cortinas de ar em murais com diferentes temperaturas de funcionamento

As características da cortina de ar tripla (Figura 4.13) devem ser tais que:

- A cortina de ar da fronteira interior deverá possuir uma velocidade mais elevada e descarregar o ar refrigerado que atravessa o evaporador;
- A cortina intermédia deverá ser obtida com ar recirculado mas não refrigerado;
- A cortina da fronteira exterior deverá ser realizada com ar ambiente descarregado a baixa velocidade, de modo a proteger as cortinas interiores.

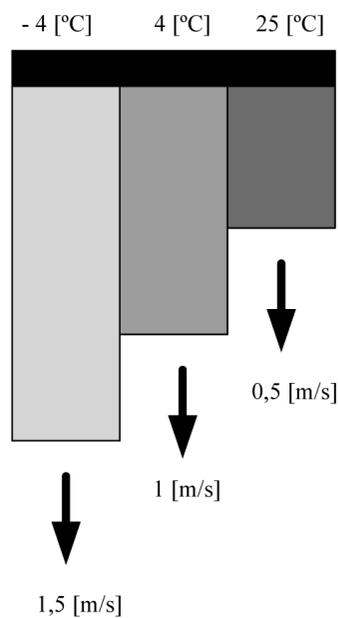


Figura 4.13 - Cortina de ar tripla



4.4.7 - Outras considerações

A configuração do local de instalação dos equipamentos, pequenas lojas ou grandes hipermercados, normalmente define o tipo de sistema refrigeração, isto é, se está localizado no equipamento ou à distância, respectivamente. Trata-se de uma solução com o intuito de reduzir custos operativos dos sistemas de refrigeração. O primeiro caso foi já descrito na apresentação dos tipos de equipamentos enquanto que o segundo faz normalmente uso de um fluido secundário que irá arrefecer o ambiente ou processo. Neste caso o fluido de transferência não é o fluido frigorífero com o qual opera o ciclo.

Os fabricantes destes equipamentos desenvolvem modelos que tentam confluir todas estas características, no entanto, as soluções são por norma obtidas numa base de compromisso, melhorando uma característica em detrimento de outra, já que a correcta escolha dos equipamentos influencia directamente a apresentação dos produtos e, conseqüentemente, a sua venda.

É também importante o modo como os equipamentos são empilhados na zona de exposição e conservação. A análise efectuada por Faramarzi (2003) indica que o carregamento inapropriado de produtos alimentares leva ao aumento significativo da sua temperatura, atingindo valores que afectam a segurança alimentar:

- Bloqueio da grelha de aspiração por colocação de produtos alimentares sobre esta: 11,3 °C;
- Sobre-carregamento (colocação de produtos para além dos limites de carga): 7,6 °C;
- Distribuição não uniforme dos produtos levando a espaços vazios nas prateleiras: 6,2 °C;
- Bloqueio da cortina de ar: 5,5 °C;
- Combinação dos casos anteriores: 10 °C.

4.5 - Aplicações de comercialização

Segundo ASHRAE (2006), os equipamentos expositores refrigerados podem ser diferenciados em função da comercialização do tipo de produto alimentar a que se destinam. Esta diferenciação resulta das exigências particulares de cada produto alimentar no que respeita à sua exposição e conservação em frio.

4.5.1 - Versão de lacticínios

Os produtos de instalados em equipamentos expositores refrigerados na versão de lacticínios incluem artigos com um significativo volume de vendas diário, tal como o leite, manteiga, ovos, e margarina. Incluem também outros produtos tais como queijo fresco, produtos de pasteleria, e outros produtos alimentares perecíveis que possuam a temperatura de conservação na gama adequada. Os equipamentos expositores refrigerados poderão ser do tipo:

- Expositor refrigerado vertical com prateleiras ajustáveis a toda altura de exposição e sem porta na parte posterior para permitir o encosto do equipamento às paredes do estabelecimento comercial (Figura 4.14). O esquema apresentado na figura representa um equipamento expositor refrigerado vertical aberto ao ar ambiente com sistema de refrigeração à distância, permitindo-lhe possui uma área de exposição superior, já que no incorpora no equipamento o compressor e condensador. No caso de possuir portas posteriores, estas destinam-se ao abastecimento de produtos. A área de exposição poderá ser aberta ao ar ambiente ou fechada através de portas de vidro;

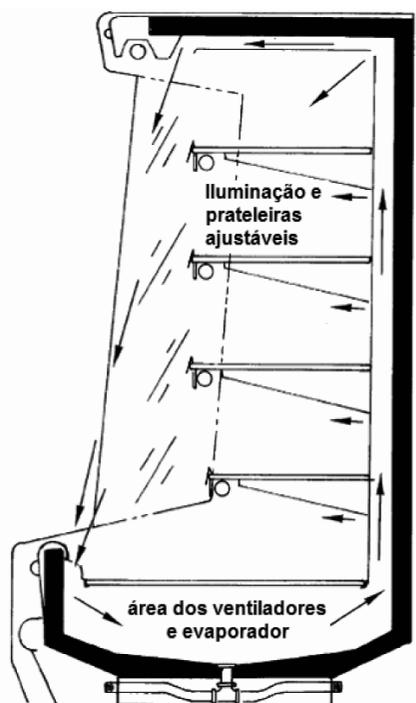


Figura 4.14 - Mural na versão laticínios multi-funcional
Fonte: (ASHRAE, 2006)

• Outra configuração corresponde a expositores fechados construídos na parede da câmara de refrigeração destinada ao armazenamento dos produtos. Poderão possuir prateleiras ajustáveis em altura que se encontram atrás das portas de vidro no interior da câmara de refrigeração. Outra tipologia poderá corresponder a um carro de prateleiras que é carregado no interior da câmara de refrigeração e transportado para a zona de exposição (Figura 4.15).

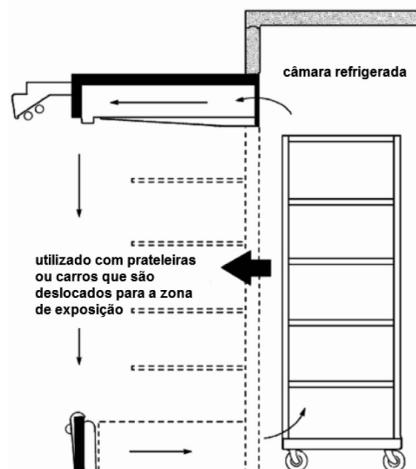


Figura 4.15 - Carro de prateleiras na versão laticínios
Fonte: (ASHRAE, 2006)



4.5.2 - Versão de carne

Por questões de segurança alimentar, a carne é vendida preferencialmente já embalada, embora o corte e embalagem seja já realizado no interior do estabelecimento comercial. Como referido, a temperatura da carne fresca deverá ser mantida, durante toda a cadeia de frio, abaixo de 4,5 °C para assegurar a sua qualidade. Os equipamentos expositores refrigerados verticais destinados a albergar este tipo de produtos são projectados para funcionar à menor temperatura possível sem congelar a carne. As temperaturas são mantidas com flutuações mínimas (à excepção do ciclo de descongelação) para assegurar as temperaturas internas e de superfície da carne, mais estáveis possíveis. A higienização é também fundamental para manter a qualidade do produto, já que o desenvolvimento de bactérias, mesmo com a adequada temperatura de conservação, não impedirá a descoloração prematura e a deterioração subsequente da carne. Isto deve-se fundamentalmente ao aumento da temperatura superficial da carne devido a:

- Raios infravermelhos da iluminação;
- Raios infravermelhos reflectidos pela superfície do tecto do estabelecimento comercial;
- Sobre-lotação do expositor refrigerado;
- Espaços livres na zona de exposição e conservação dos produtos;
- Perturbação do ar refrigerado.

Os equipamentos vulgarmente utilizados poderão possuir diversas tipologias. Nos equipamentos em modo de “self-service”, encontra-se normalmente carne embalada. Estes poderão ser do tipo:

- Expositor refrigerado horizontal, com acesso frontal ou posterior opcional (Figura 4.16);

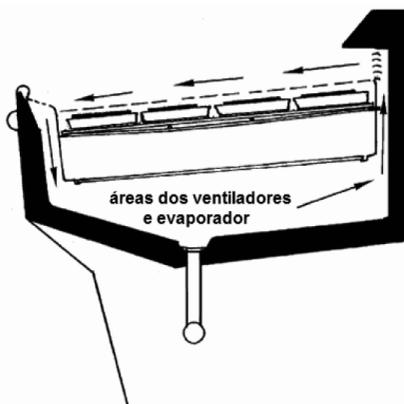


Figura 4.16 - Ilha na versão de carne
Fonte: (ASHRAE, 2006)

- Expositor refrigerado vertical com características multi-funcionais, e com acesso posterior opcional (Figura 4.17);

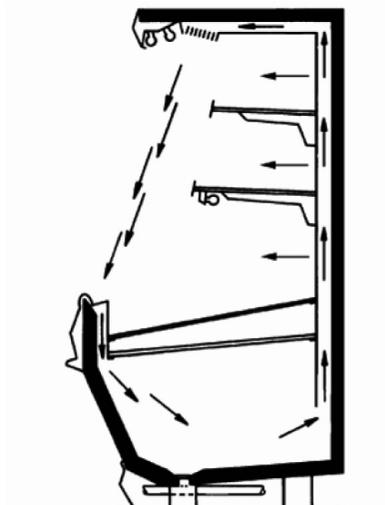


Figura 4.17 - Mural na versão de carne
Fonte: (ASHRAE, 2006)

- Qualquer um dos tipos anteriores são fechados ao ar ambiente por portas de vidro. Todos estes tipos de equipamentos são disponibilizados pelos fabricantes com diferentes características relativamente à iluminação, estrutura, prateleiras e outros acessórios. No caso de equipamentos que disponham de uma câmara refrigerada de armazenamento, raramente esta é colocada em modo de self-service e destina-se unicamente ao armazenamento de produtos.

Os equipamentos expositores unicamente em modo de exposição, isto é, em que o cliente é servido por um empregado que lhe fornece o produto (neste caso carne fresca) que pretende adquirir, podem ser subdivididos nas seguintes categorias:

- Vitrina, com câmara refrigerada opcional (Figura 4.18);

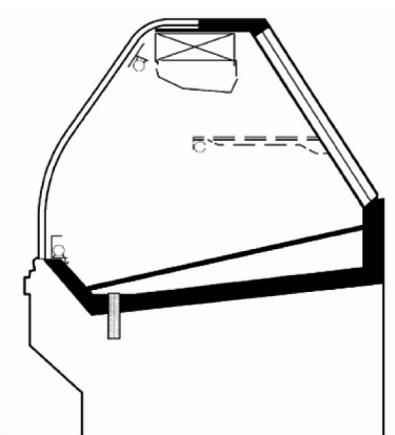


Figura 4.18 - Vitrina na versão de carne
Fonte: (ASHRAE, 2006)





- Produtos de gastronomia, como carnes preparadas, com câmara refrigerada de armazenamento opcional;
- Produtos de peixaria e avícolas, usualmente sem câmara refrigerada de armazenamento, mas destinados à exposição sobre uma camada de gelo.

4.5.3 - Versão de hortofrutícolas

Os produtos hortofrutícolas frescos e embalados são por vezes expostos no mesmo equipamento. Idealmente, os produtos frescos sem qualquer tipo de embalagem deverão ser expostos em equipamentos com reduzida velocidade do ar refrigerado. Normalmente, é pulverizada água sobre os vegetais para manter a sua frescura. No caso dos produtos hortofrutícolas embalados, é necessária uma maior velocidade do ar refrigerado, pelo que a escolha do tipo de equipamento será realizada em função das características desejadas. Encontram-se disponíveis os seguintes tipos de equipamentos para esta versão:

- Ilhas;
- Expositor vertical (Figura 4.19);

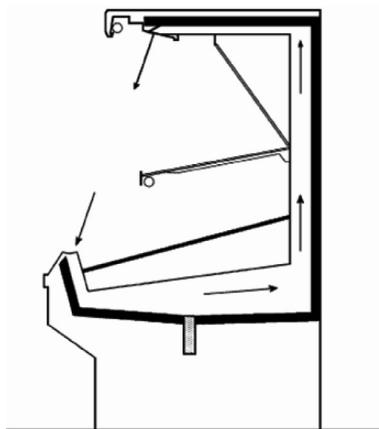


Figura 4.19 - Expositor vertical na versão de produtos hortofrutícolas
Fonte: (ASHRAE, 2006)

- Devido à natureza dos produtos agrícolas, existem unidades da mesma família de equipamentos não refrigeradas destinadas unicamente à exposição dos produtos sem a capacidade de os conservar por frio;
- Também é possível a configuração semelhante ao expositor vertical, mas composta por um carro de prateleiras que é carregado no interior da câmara de refrigeração e transportado para a zona de exposição (Figura 4.15).

4.5.4 - Versão de produtos congelados e gelados

Os produtos congelados são expostos em equipamentos expositores refrigerados dos tipos já citados, no entanto, possuindo características particulares. Podem ser encontrados equipamentos dos seguintes tipos:

- Expositores horizontais, conforme exposto na Figura 4.20 destinados à comercialização unicamente por um dos lados. Tipicamente estes equipamentos são abertos ao ar ambiente;

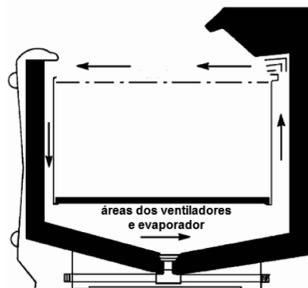


Figura 4.20 - Ilha na versão de produtos congelados e gelados com acesso unicamente por um dos lados
Fonte: (ASHRAE, 2006)

- Outra configuração é semelhante à anterior mas permite a comercialização em ambos os lados do equipamento (Figura 4.21);

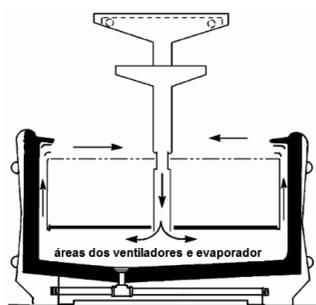


Figura 4.21 - Ilha na versão de produtos congelados e gelados com acesso por ambos os lados
Fonte: (ASHRAE, 2006)

- Expositores verticais, que conforme referido anteriormente necessitam de duas ou três cortinas de ar para manter a temperatura negativa de conservação dos produtos congelados (Figura 4.22);

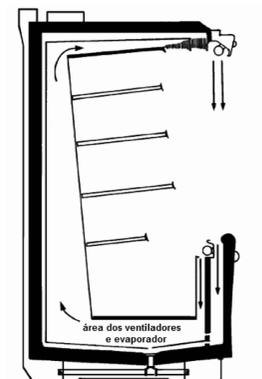
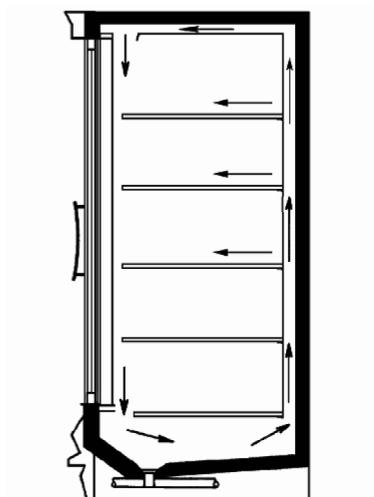


Figura 4.22 - Mural na versão de produtos congelados e gelados com cortina dupla
Fonte: (ASHRAE, 2006)

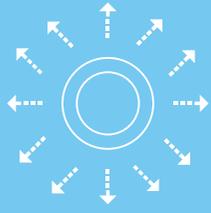


- Expositores verticais fechados ao ar ambiente por portas de vidro (Figura 4.23).



*Figura 4.23 - Mural fechado ao ar ambiente na versão de produtos congelados e gelados
Fonte: (ASHRAE, 2006)*





Capítulo 5

02





Carga de arrefecimento

- 5.1** - Introdução
- 5.2** - Carga térmica por transmissão
 - 5.2.1** - Resistência térmica condutiva
 - 5.2.2** - Resistência térmica radiativa
 - 5.2.3** - Resistência térmica convectiva
- 5.3** - Carga térmica por infiltração do ar ambiente
- 5.4** - Carga térmica por radiação térmica
- 5.5** - Cargas térmicas internas
- 5.6** - Carga térmica dos produtos alimentares
 - 5.6.1** - Carga térmica de armazenamento
 - 5.6.2** - Carga térmica devido à respiração dos produtos
- 5.7** - Cargas térmicas internas
 - 5.7.1** - Carga térmica do mecanismo de descongelação
 - 5.7.2** - Carga das resistências de anti-embaciamento
- 5.8** - Carga térmica total
- 5.9** - Outras considerações

Objectivos do Capítulo

- Caracterizar os principais tipos de cargas térmicas que influem no funcionamento dos equipamentos de frio;
- Explicitar os princípios físicos subjacentes aos diferentes fenómenos de transferência de calor associados aos diferentes tipos de carga térmica.





5.1 - Introdução

A carga térmica com maior preponderância nos equipamentos expositores abertos é relativa à infiltração de ar ambiente. Sistematizando, as componentes sensíveis e latentes da carga térmica a que é sujeito um equipamento deste tipo, subdividem-se em:

- Carga térmica por infiltração de ar;
- Carga térmica por transmissão através das paredes, compostas pelas componentes convectiva, condutiva e radiativa;
- Carga térmica por radiação térmica;
- Cargas térmicas internas relacionadas com a iluminação e com o sistema de ventilação;
- Carga térmica dos produtos alimentares, que considera as componentes relativas à respiração dos produtos e ao seu armazenamento;
- Carga térmica do equipamento, que considera as cargas térmicas do mecanismo de descongelação e do sistema de anti-embaciamento.

Conforme Faramarzi (1999), a contribuição de cada uma das cargas térmicas é apresentada na Figura 5.1.

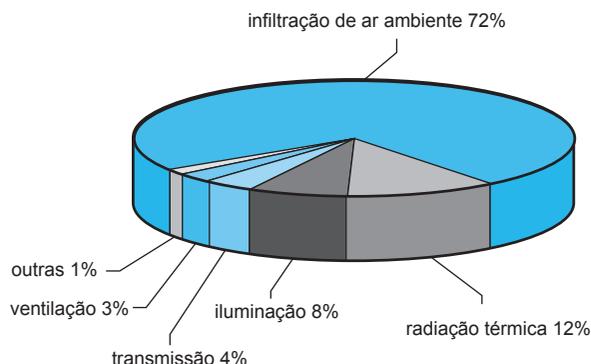


Figura 5.1 - Peso relativo das componentes individuais da carga refrigerante
Fonte: (Faramarzi, 1999)

A análise conjunta destes dados permite verificar que grande parte do consumo energético no sector da refrigeração comercial é imputada aos equipamentos expositores refrigerados abertos ao ar ambiente. Estes equipamentos de refrigeração têm um potencial de vendas superior, determinado pela concorrência do mercado e pelas exigências das empresas relacionadas com os serviços de alimentação. Este desempenho comercial é conseguido através da inexistência de uma barreira física entre o produto conservado em frio e o consumidor, de modo que este possa ver e manusear sem constrangimentos o produto que pretende adquirir. Esta situação conduz ao crescimento do consumo energético e a custos de funcionamento mais elevados do sector comercial dos equipamentos de exposição e conservação pelo frio, devido à sua utilização mais intensiva nos actuais empreendimentos comerciais. A utilização de equipamentos de refrigeração abertos ao ar ambiente está relacionada com diversos problemas técnicos, de que se salientam:



- Imperfeição da barreira térmica determinada pela cortina de ar que facilita o acesso fácil do consumidor ao produto;
- Interação térmica e mássica do ar refrigerado do interior do equipamento aberto, com o ar ambiente mais quente e húmido, por via da aspiração através da grelha de retorno do ar para o processo de arrefecimento;
- Perdas de massa de ar arrefecido pela zona inferior da abertura do expositor, resultantes das características de concepção dos equipamentos;
- Necessidades de potências térmicas de refrigeração nominalmente mais elevadas para compensar um “design” desajustado dos equipamentos e também alguma imposição do mercado pela acessibilidade directa do consumidor ao produto;
- Disposição dos equipamentos na loja ou no centro comercial baseada apenas numa lógica visual e de acesso mais imediatos;
- Variabilidade das condições do ar ambiente ao longo do dia em que se processa a compra de produtos;
- Condições de armazenagem previa dos produtos e da carga dos equipamentos abertos.

A leitura do diagrama apresentado na Figura 5.1 permite concluir que a carga térmica com maior preponderância nos equipamentos expositores abertos é relativa à infiltração de ar ambiente. Esta infiltração de ar tem influência no desempenho térmico e eficiência energética dos equipamentos, sendo função da velocidade e direcção do ar ambiente. As variações em módulo e direcção da velocidade do ar ambiente devem-se à localização das saídas do sistema de condicionamento de ar do estabelecimento, aos fluxos mássicos originados por diferenças de pressão decorrentes de aberturas ao exterior, e também à perturbação do movimento do ar pela passagem dos consumidores em frente à abertura do equipamento. Qualquer uma destas situações afecta o desempenho da cortina de ar e conseqüentemente o desempenho do equipamento.

De seguida são apresentadas uma série de equações simplificadas do cálculo da estimativa da carga refrigerante que fornecem directrizes básicas para a determinação das cargas individuais, de modo a estabelecer uma sensibilidade mais aguçada relativamente à magnitude e peso relativo das componentes da carga refrigerante e constituir uma base mais precisa para a simulação de sistemas energéticos de estabelecimentos comerciais (Çengel, 1998; Faramarzi, 1999). Para o estudo em causa, pretende-se fornecer uma perspicácia adicional no auxílio do cálculo da carga total de arrefecimento de equipamentos expositores refrigerados, de modo a permitir uma modelação numérica do comportamento térmico mais plausível.

5.2 - Carga térmica por transmissão

A carga térmica por transmissão retrata a componente sensível dos ganhos de calor que se referem à transmissão de calor através dos materiais que constituem a estrutura de um equipamento expositor refrigerado. A diferença de temperaturas entre o ar da vizinhança e o ar na zona de conservação e exposição de produtos alimentares é a força motriz para esta transmissão de calor. A dificuldade resume-se em determinar o coeficiente de transmissão de calor global das paredes do equipamento. Isto envolve os coeficientes de convecção internos e externos do filme de ar (dependendo do regime em que se encontram: natural, forçado ou misto), a condutibilidade térmica dos materiais das diversas superfícies exteriores e interiores que constituem a estrutura do equipamento e a condutibilidade térmica do isolamento existente entre as paredes interiores e exteriores.



O fluxo de calor total (condutivo, convectivo e radiativo) que é introduzido no equipamento expositor através das superfícies fronteira que envolvem o envelope interior é calculado através das resistências térmicas relativas aos diversos elementos que constituem as paredes do equipamento.

5.2.1 - Resistência térmica condutiva

O circuito térmico condutivo equivalente relativo à composição das diversas camadas de materiais, envolve uma série de resistências térmicas em série, visto que as camadas e películas são sobrepostas:

$$R_{t,cond} = \frac{1}{A} \cdot \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \dots + \frac{L_n}{k_n} \right)$$

Em que,

A	Área, [m ²],
L _i	Espessura, [m],
k _i	Condutividade térmica, [W/m·K].

5.2.2 - Resistência térmica radiativa

Um modo de obter uma quantificação bastante simplificada da resistência térmica radiativa, consiste em considerar a troca de calor proporcional à diferença de temperaturas.

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_\infty^4)$$

Em que,

ε	Emissividade,
σ	Constante de Stefan-Boltzmann (= 5,6678·10 ⁻⁸ [W/m ² ·K ⁴]),
T	Temperatura, [K]. (índices: s, superficial; ∞, ambiente).

Por manipulação matemática, obtém-se:

$$Q_{rad} = h_r \cdot (T_s - T_\infty)$$

$$h_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s + T_\infty) \cdot (T_s^2 + T_\infty^2)$$

$$R_{t,rad} = \frac{1}{h_r \cdot A}$$

É de salientar que as resistências térmicas superficiais de convecção e radiação são compostas por um circuito térmico equivalente em paralelo, já que se reflectem como uma sobreposição de efeitos sobre as superfícies.



5.2.3 - Resistência térmica convectiva

A seguinte Equação expressa a Lei de Newton de Arrefecimento e pode ser usada para determinar a resistência térmica de convecção representativa da transmissão de calor por convecção na superfície do equipamento.

$$Q_c = A_i \cdot h_{conv} \cdot (T_\infty - T_s)$$

$$R_{t, conv} = \frac{1}{h_{conv} \cdot A}$$

Em que,

$$h_{conv} \quad \text{Coeficiente convectivo de transmissão de calor, [W/m}^2\text{K].}$$

A dificuldade consiste na determinação dos coeficientes convectivos de calor, dada a variação dos tipos de escoamento presentes e as localizações e orientações das superfícies que representam as paredes exteriores e interiores do expositor.

Segundo a ASHRAE (1997), para ar ambiente estabilizado e sem fontes de perturbação, considera-se o coeficiente convectivo médio dado por $h_i = h_o = 9,37$ [W/m² K].

A consideração de todos os modos de transferência de calor é realizada pela aplicação do coeficiente de transmissão de calor global, U, pode ser determinado após a determinação de todas as variáveis que o constituem, tendo em consideração a definição de resistências térmicas condutiva, convectiva e radiativa:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i + h_{r,i}} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \dots + \frac{L_n}{k_n} + \frac{1}{h_o + h_{r,o}}}$$

Para equipamentos com paredes grossas e com baixa condutibilidade, a resistência térmica condutiva faz com que o coeficiente global de transmissão de calor seja tão reduzido que as resistências térmicas convectivas passam a possuir uma influência desprezável, pelo que podem ser omitidas dos cálculos. A componente latente da carga por transmissão correspondente ao ganho de calor por transmissão de humidade através das paredes do equipamento é depreciada, já que na realidade possui uma influência muito reduzida.

Após a determinação do coeficiente global de transmissão de calor, a carga de transmissão relativa à superfície considerada pode ser quantificada:

$$Q_t = U A (T_\infty - T_i)$$

5.3 - Carga térmica por infiltração de ar ambiente

A carga térmica por infiltração corresponde aos ganhos de calor associados à entrada de ar ambiente, pela cortina de ar no espaço refrigerado do expositor. Assim, verifica-se que a cortina de ar é sem duvida o mecanismo que de algum modo reduz esta componente da carga refrigerante, tendo em conta que o seu desempenho e a quantidade



de calor transferido dependem de vários factores, entre outros, podem ser citados aqueles que se julga possuírem importância redobrada:

- Velocidade da cortina de ar e perfil de temperatura;
- Número de orifícios da grelha de descarga;
- Largura e espessura da cortina de ar;
- Características dimensionais da grelha de descarga de ar;
- Temperaturas e humidades no interior do equipamento expositor refrigerado e do ambiente do compartimento onde está inserido;
- Agitação da cortina de ar devido à movimentação no interior do compartimento;
- Efeitos de turbulência e viscosidade turbulenta na região inicial do jacto.

Esta carga térmica tem duas componentes: a sensível e a latente. A componente sensível retrata a parcela do calor associado ao aumento de temperatura do equipamento expositor refrigerado. A componente latente é imputada ao conteúdo de humidade do ar ambiente que atravessa a cortina de ar. À medida que o ar passa pelo evaporador, perde o seu calor, sensível e latente.

Determinar a carga de infiltração é o aspecto mais desafiador da análise da carga refrigerante de um equipamento expositor refrigerado. A falta de conhecimento do desempenho térmico das cortinas de ar contribui significativamente para este desafio, principalmente, pela ausência de um método robusto e simplificado para determinar a quantidade de ar que entra no balcão.

Actualmente, um pouco em função do objectivo final dos expositores refrigerados, que reside na exposição e venda de produtos alimentares, os aspectos estéticos e de design são de extrema importância, em detrimento dos aspectos construtivos, geométricos e de materiais capazes de reduzir a carga de arrefecimento o que dificulta a real aplicação dos estudos realizados até ao momento.

A componente sensível desta carga retrata a parcela do calor associado ao aumento de temperatura do equipamento expositor refrigerado:

$$Q_{sen_inf} = \rho V C_p (T_\infty - T_i)$$

Em que,

ρ	Massa específica, [kg/m ³],
V	Volume, [m ³],
C_p	Calor específico, [kJ/kg K].

No entanto, para um fluxo completamente estabelecido, a seguinte expressão descrita em ASHRAE (1997), traduz a contabilização desta componente da carga refrigerante de um modo mais preciso:

$$Q_{sen_inf} = 0,221 A (h_\infty - h_i) \rho_i \left(1 - \frac{\rho_\infty}{\rho_i}\right)^{1/2} (gH)^{1/2} F_m$$



Em que,

- g Aceleração da gravidade, ($= 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$),
H Altura, [m].

Sendo o factor de densidade dado por:

$$F_m = \left(2 / 1 + \left(\frac{\rho_i}{\rho_\infty} \right)^{1/3} \right)^{3/2}$$

Como os equipamentos não são herméticos, é necessário calcular a carga de infiltração por circulação transversal directa que advém do facto de o envelope interior refrigerado do equipamento possuir uma pressão negativa relativamente aos ambientes onde estes mesmos equipamentos são colocados, fomentando um ganho de calor devido à entrada directa de ar ambiente no espaço refrigerado. A seguinte equação representa o ganho de calor de infiltração por circulação transversal directa:

$$Q_{sen_infT} = 6 VA (h_\infty - h_i) \rho_i$$

A componente latente é imputada ao conteúdo de humidade do ar ambiente que atravessa a cortina de ar. Em alguns casos, a respiração do produto gera humidade adicional dentro do equipamento expositor refrigerado.

$$Q_{lat_inf} = \left[\rho \dot{V} (\omega_\infty - \omega_i) \right] h_{fg}$$

Em que,

- ω Humidade absoluta, [kg_v/kg_a],
 h_{fg} Calor latente de vaporização da água, [kJ/kg],
 \dot{V} Caudal volumétrico, [m³/s].

5.4 - Carga térmica por radiação térmica

O ganho de calor do equipamento expositor refrigerado por radiação é função das condições interiores do equipamento, incluindo as temperaturas, emissividades e áreas e factores forma das paredes interiores do equipamento, paredes, chão e tecto do compartimento onde está introduzido e dos diversos objectos que estão localizados dentro deste espaço físico. Trata-se de uma componente difícil de quantificar, já que para obter um valor preciso da carga por radiação têm que ser considerados os materiais, texturas e geometria não só do invólucro correspondente à área de exposição e do compartimento que o abriga, mas também das embalagens ou produtos que o equipamento expositor refrigerado irá conter.

Para simplicidade de cálculo, cada superfície pode ser representada por um conjunto de áreas equivalentes, emissividades e temperaturas que apenas traduz a troca radiativa entre superfícies. No caso de se pretender uma contabilização mais precisa, considerando o meio como sendo participante, torna-se necessário recorrer a métodos mais elaborados, como sejam o Método de Monte Carlo (Estatístico), das Ordenadas Discretas ou das Harmónicas Esféricas (P-N), entre outros. A desvantagem da utilização de métodos mais fiáveis reside no esforço numérico necessário, tendo em consideração que as características físicas e dimensionais dos produtos ou embalagens que



irão ser colocados no interior do espaço refrigerado, irão induzir uma elevada variação desta carga.

No cálculo dos fluxos de calor através das paredes foi considerada uma resistência térmica radiativa, no entanto a carga devido à transmissão de calor por radiação entre superfícies pode ser determinada de um modo mais preciso modelando o sistema como diversas superfícies cinzentas. Uma destas superfícies representa um plano imaginário que cobre a abertura do equipamento expositor refrigerado, que recebe toda a radiação que deixa as superfícies adjacentes (paredes, pavimento, tecto). Por sua vez, o plano imaginário representativo da abertura do balcão, troca radiação com as superfícies interiores do equipamento expositor refrigerado. A Figura 5.2 representa um diagrama simplificado que identifica as superfícies que trocam calor por radiação (Faramarzi, 1999). O interior do equipamento expositor refrigerado constituído pelo topo (Superfície 1), frente (Superfície 2) e fundo (Superfície 3). As superfícies exteriores ao balcão (chão, tecto, paredes e objectos) trocam radiação térmica com o interior através de um plano imaginário que cobre a abertura do balcão designado por Superfície 4.

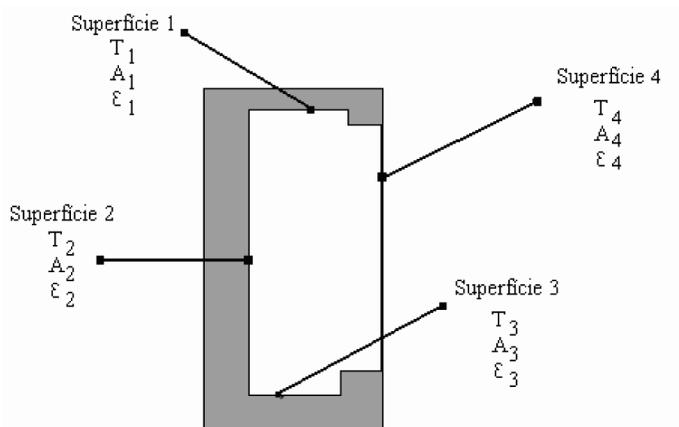


Figura 5.2 - Superfícies que participam na transmissão de calor por radiação
 Fonte: (Faramarzi, 1999)

Considerando todas as superfícies como sendo opacas, difusas e cinzentas, o balanço radiativo para o nó de radiosidade associado a cada uma das superfícies é dado pela seguinte equação. Representa a igualdade entre a taxa de radiação transferida para uma das superfícies pela sua resistência superficial e a taxa de radiação transferida por esta superfície para todas as outras pelas suas resistências geométricas correspondentes.

$$\frac{E_{bi} - J_i}{\frac{1 - \epsilon_i}{\epsilon_i L_i}} = \sum_{j=1}^N \frac{J_i - J_j}{\frac{1}{L_i F_{ij}}}$$

Em que,

- E Emitância total, [W/m²],
- J Radiosidade, [W/m²],
- F Factor de forma.



Desenvolvendo este balanço para cada uma das superfícies é obtido um sistema de equações algébricas, tendo em consideração que a Superfície 4 não possui uma resistência superficial radiativa por corresponder a um plano imaginário.

Colocando na forma matricial para obtenção da radiosidade em cada uma das superfícies, obtém-se:

$$\begin{bmatrix} 1 & -(1-\varepsilon_1)F_{12} & -(1-\varepsilon_1)F_{13} & 0 \\ -(1-\varepsilon_2)F_{21} & 1 & -(1-\varepsilon_2)F_{23} & 0 \\ -(1-\varepsilon_3)F_{31} & -(1-\varepsilon_3)F_{32} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \\ J_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \sigma T_1^4 + (1-\varepsilon_1) F_{14} T_4^4 \\ \varepsilon_2 \sigma T_2^4 + (1-\varepsilon_2) F_{24} T_4^4 \\ \varepsilon_3 \sigma T_3^4 + (1-\varepsilon_3) F_{34} T_4^4 \\ \sigma T_4^4 \end{bmatrix}$$

Sendo as temperaturas superficiais consideradas para o cálculo das radiosidades de cada uma das superfícies, as obtidas através dos ensaios experimentais.

Os diversos factores de forma foram obtidos fazendo uso das diversas relações entre os factores de forma com sejam a regra da reciprocidade e a regra da soma, mas também pela formulação de cálculo para geometrias bidimensionais apresentados por Incropera et al. (1996).

A irradiação de cada uma das superfícies pode ser avaliada a partir das radiosidades de todas as superfícies da cavidade. A taxa total a que a radiação atinge uma determinada superfície a partir de todas as outras é dada pela seguinte equação.

$$L_i G_i = \sum_{j=1}^N F_{ji} L_j J_j$$

Em que,

G Irradiação, [W/m²].

Sendo a taxa líquida de troca de radiação que abandona a superfície dada por:

$$q_i' = L_i (J_i - G_i)$$

Interessa assim determinar o fluxo de calor que atravessa o plano imaginário para o interior do equipamento, para o caso, q_4' .

O ganho de calor por radiação apresenta um valor bastante elevado, mas também se apresenta como o mais difícil de quantificar, já que para obter um valor preciso da carga por radiação têm que ser considerados os materiais, texturas e geometria não só do invólucro correspondente à área de exposição e do compartimento que o abriga, mas também das embalagens ou produtos que o equipamento expositor refrigerado irá conter (Modest, 1993).



5.5 - Cargas térmicas internas

As cargas internas do equipamento expositor refrigerado incluem o calor dissipado pela iluminação e pelo(s) motor(es) da ventilação. Para os cálculos da carga térmica correspondente a estes dispositivos podem ser utilizados os valores da sua potência nominal, como é exposto nas seguintes equações:

$$Q_{vent} = W_{vent}$$

$$Q_{ilum} = W_{ilum} k_{ilum}$$

No caso da carga interna atribuída à iluminação, a constante k_{ilum} representa a percentagem de calor dissipado em função da localização das lâmpadas e dos balastos que se encontrem dentro da fronteira termodinâmica do equipamento.

Iluminação de elevada intensidade irá aumentar a temperatura dos produtos e poderá descolorar a carne. A iluminação utilizada nos equipamentos expositores refrigerados tipicamente é constituída por lâmpadas fluorescentes T12 com balastro magnético com um consumo eléctrico de cerca de 0,73 A a 120 V.

5.6 - Carga térmica dos produtos alimentares

As causas primárias da carga refrigerante atribuída aos produtos alimentares a introduzir e manter num espaço refrigerado, devem-se à necessidade de extrair o calor necessário para reduzir a temperatura dos produtos desde o seu valor inicial até à temperatura de armazenamento e ao calor gerado pelos produtos em armazenamento, principalmente pelos produtos frescos, como sejam as frutas ou legumes.

5.6.1 - Carga térmica de armazenamento

A carga térmica de armazenamento deve-se à introdução de produtos alimentares no interior do equipamento expositor refrigerado que possuem uma temperatura superior à temperatura de armazenamento pretendida. Geralmente considera-se a temperatura inicial dos produtos na gama $15 \approx 20$ °C para produtos frescos e $-15 \approx -20$ °C para congelados. Representa a quantidade de arrefecimento exigida para baixar a temperatura do produto a um valor desejado num determinado intervalo de tempo, Δt :

$$Q_{p,a} = m C_p \frac{(T_s - T_f)}{\Delta t}$$

O processo de arrefecimento de produtos alimentares sólidos é dominado pela transmissão de calor convectiva, no entanto o arrefecimento interno do produto é dominado pela condução, o que traduz um sistema de transmissão de calor extremamente lento, função da condutibilidade térmica dos produtos alimentares.

5.6.2 - Carga térmica devido à respiração dos produtos

As frutas frescas e legumes perdem humidade por respiração. Esta humidade transfere-se pela pele do alimento, evapora, e acaba no ambiente através da transmissão convectiva de massa. A respiração é um processo químico



pelo qual as frutas e os legumes convertem açúcares e oxigénio em dióxido de carbono em água e calor. O calor gerado pelo processo de respiração tende a aumentar a temperatura do produto e leva à transpiração pela pele dos alimentos para o equipamento expositor refrigerado. Esta carga refrigerante para n produtos pode ser calculada pela seguinte equação:

$$Q_{p,r} = m_v A_p n h_{fg}$$

5.7 - Cargas térmicas internas

As cargas térmicas associadas ao equipamento encontram-se relacionadas com os ganhos de calor criados pelos diversos mecanismos que controlam e implementam o processo do sistema de refrigeração.

5.7.1 - Carga térmica do mecanismo de descongelação

No caso de equipamentos expositores que funcionem a temperaturas abaixo do ponto de congelação da água, torna-se necessário periodicamente descongelar a serpentina do evaporador, devido à formação de gelo na sua superfície. A humidade no ar que recircula o evaporador é a principal fonte de formação de gelo. À medida que as partículas de água entram em contacto com a superfície fria da serpentina abaixo da sua temperatura de orvalho, condensam e perdem o calor latente de vaporização. Se a temperatura superficial estiver abaixo do ponto de congelação, a água perde o seu calor de fusão e converte-se em gelo. A formação de gelo na superfície de transferência de calor diminui o coeficiente de transferência de calor do evaporador e além disso, aumenta a resistência ao fluxo de ar pela serpentina. Durante o ciclo de descongelação, a temperatura dos produtos colocados na zona de conservação e exposição eleva-se. Quando a descongelação termina o sistema de refrigeração tem que ter a capacidade necessária para remover o calor acumulado durante o período de descongelação do evaporador e baixar a temperatura do produto a um valor desejável num reduzido espaço de tempo. O tempo exigido para remover o ganho de calor devido ao período de descongelação depende do:

- Tipo de descongelação e conseqüente intensidade de calor;
- Controlo da terminação do ciclo de descongelação;
- Calor específico do produto;
- Temperatura de conservação.

Durante o ciclo de descongelação, o compressor do equipamento expositor refrigerado não funciona. Logo, o sistema de refrigeração necessita de bastante capacidade refrigerante para manter a temperatura de armazenamento dos produtos desejada, durante o intervalo de tempo em que se processa o ciclo de descongelação.

$$Q_{p,pd} = m C_p \frac{(T_{pd} - T_i)}{\Delta t}$$

Consequentemente, as aplicações de refrigeração onde o gelo se possa acumular deverão utilizar algum tipo de mecanismo de descongelação, que em primeira instância podem ser classificados em mecanismos de descongelação natural e em mecanismos que façam uso suplementar e externo de calor. Tipicamente, os mecanismos de descongelação funcionam em ciclo de acordo com intervalos de tempo predeterminados. Outros



iniciam-se num determinado ciclo de tempo e terminam quando a temperatura do evaporador alcança um valor estabelecido. Dependendo da aplicação da refrigeração, os mecanismos de descongelação podem ser de:

- Descongelação natural, em que o ciclo de descongelação é realizado sem qualquer adição de calor, à excepção da circulação de ar ambiente através do evaporador;
- Descongelação por resistências eléctricas, situadas na superfície do evaporador que irão dissipar calor durante o ciclo de descongelação com o objectivo de derreter o gelo formado sobre a superfície do evaporador;
- Descongelação por gás quente, que utiliza uma fracção do calor contido numa descarga de gás do compressor operacional, para descongelar o evaporador.

Tipicamente, a descongelação por resistências eléctricas ou por descarga de gás quente fornece mais calor (85 %) do que é o necessário para derreter o gelo (15 %), pelo que também possuirá uma percentagem elevada na carga de arrefecimento.

A seguinte equação proporciona uma aproximação elementar para quantificar a carga de descongelação por resistências eléctricas:

$$Q_{des_E} = W - Q_{im}$$

Enquanto o mecanismo de descongelação por descarga de gás quente, apresenta-se como um método mais eficiente do que o descrito no ponto anterior:

$$Q_{des_gas} = Q_{refrig} - Q_{im}$$

5.7.2 - Carga das resistências de anti-embaciamento

As resistências de anti-embaciamento são usadas principalmente em balcões ou vitrinas com portas ou laterais de vidro. Estas resistências eléctricas ficam situadas ao redor do caixilho das superfícies laterais dos equipamentos e nas conexões das portas para prevenir a condensação nas superfícies de metal, eliminando o embaciamento dos vidros. A sua potência e carga refrigerante resultante podem ser reduzidas aplicando controlos inteligentes que reduzam a operação das resistências em função da humidade interior.

Em equipamentos expositores refrigerados fechados ao ar ambiente, o consumo eléctrico destes dispositivos pode atingir até 35% do consumo eléctrico total do equipamento (Faramarzi et al. 2001). O calor dissipado pelas resistências eléctricas contribui para a carga de calor sensível do expositor.

A seguinte equação representa a contribuição do aquecimento anti-embaciamento para a carga refrigerante, sendo a constante k_1 um indicador da fracção da dissipação de calor no interior do equipamento.

$$Q_{emb} = W k_1$$

5.8 - Carga térmica total

A carga sensível total pode ser calculada com a seguinte equação, representativa das contribuições das diversas cargas térmicas individuais:

$$Q_{sen} = Q_t + Q_{rad} + Q_{vent} + Q_{ilum} + Q_{sen_inf} + Q_{des} + Q_{emb}$$



A carga latente pode ser calculada pela contribuição das cargas térmicas que possuem componentes latentes, como sejam a infiltração de ar ambiente, e a respiração dos produtos alimentares frescos:

$$Q_{lat} = Q_{lat_inf} + Q_{p,r}$$

A carga de arrefecimento total necessária para o correcto funcionamento do expositor refrigerado pode ser expressa por:

$$Q_{total} = Q_{sen} + Q_{lat}$$

5.9 - Outras considerações

De acordo com os testes de laboratório realizados por Faramarzi (1999) e Gas Research Institute (2000), as maiores contribuições para a carga refrigerante total em equipamentos expositores refrigerados abertos são as cargas por infiltração de ar ambiente e por radiação térmica. No caso de equipamentos expositores refrigerados verticais abertos ao ar ambiente, a carga térmica por infiltração de ar ambiente constitui cerca de 80% da carga refrigerante.

Porém, a infiltração poderá não representar o mesmo papel crucial para outras configurações de balcões frigoríficos. No caso de equipamentos expositores refrigerados horizontais abertos ao ar ambiente (ilhas) de temperatura negativa, a radiação passa a ser uma componente mais influente da carga refrigerante total, constituindo cerca de 43% do seu valor, visto que o plano da abertura de exposição é paralelo ao tecto onde estão colocados os diversos elementos de iluminação. Isto é, a consideração de outro tipo de modelo de equipamento expositor refrigerado, alterará o peso relativo das componentes das diversas cargas de arrefecimento, conforme exemplificado na Figura 5.3.

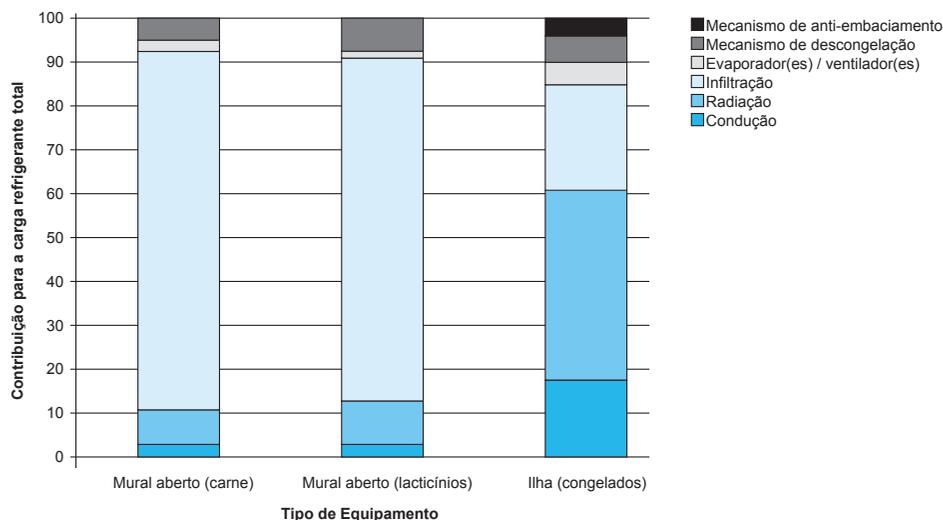


Figura 5.3 - Componentes da carga refrigerante total para distintos equipamentos expositores refrigerados (24 °C, 55%)
Fonte: (Gas Research Institute, 2000)

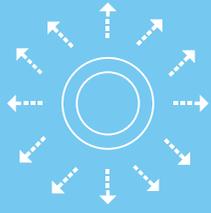
Determinar a carga de infiltração é o aspecto mais desafiador da análise da carga refrigerante de um equipamento expositor refrigerado. A falta de conhecimento do desempenho térmico das cortinas de ar contribui significativamente



para este desafio, principalmente, pela ausência de um método robusto e simplificado para determinar a quantidade de ar que entra no balcão.

Actualmente, um pouco em função do objectivo final dos balcões frigoríficos, que reside na exposição e venda de produtos alimentares, os aspectos estéticos e de design são de extrema importância, em detrimento dos aspectos construtivos, geométricos e de materiais capazes de reduzir a carga de arrefecimento.





Capítulo 6

02





O impacto dos equipamentos de refrigeração na segurança alimentar e as tendências futuras

- 6.1** - Impacto dos equipamentos de refrigeração na segurança alimentar
- 6.2** - Tendências futuras
 - 6.2.1** - Redução da carga térmica
 - 6.2.2** - Melhoria dos componentes do equipamento expositor refrigerado

Objectivos do Capítulo

- Descrever a importância e caracterizar o impacto dos equipamentos de refrigeração na garantia da qualidade e da segurança alimentar dos produtos;
- Descrever os desafios futuros ao nível da refrigeração de produtos alimentar e apresentar as tendências futuras.





6.1 - Impacto dos equipamentos de refrigeração na segurança alimentar

Na generalidade dos casos, os transportes e a comercialização representam os elos mais deficientes da rede de frio. Ambos os sectores apresentam deficiências intrínsecas que motivam um crescente esforço de investigação de modo a dar resposta aos cada vez mais exigentes requisitos de qualidade de frio para a conservação de produtos perecíveis e de racionalização energética. Durante o transporte, a conservação dos produtos alimentares em frio é fortemente afectada pelas condições climáticas ambientais, podendo a distribuição espacial e a flutuação temporal da temperatura afectar a qualidade dos produtos.

Verifica-se então que existem muitos elementos dos equipamentos expositores de refrigeração sobre os quais é possível uma optimização do consumo energético e uma melhoria do seu desempenho térmico. No entanto, existem várias barreiras que deverão ser ultrapassadas, entre as quais se salientam:

- A selecção dos expositores refrigerados é realizada em função do potencial de vendas que possuem e não em função da sua eficiência energética, por falta de conhecimento sobre o valor monetário associado ao potencial de redução do consumo energético, assim como pelo retorno do investimento ser considerado mais rápido para equipamentos cujas características estejam relacionadas com a promoção das vendas;
- O custo inicial do investimento, já que o retorno de investimento deverá ser conseguido em curtos espaços temporais, cerca de 2 a 3 anos;
- A pouca aceitação de novas tecnologias devido à falta de dados concretos sobre as suas vantagens;
- A variabilidade espacial e sazonal das condições do ar ambiente e a sua grande influência no desempenho energético dos equipamentos. Tanto fabricantes como instaladores de equipamentos indicam que as condições do ar ambiente influenciam consideravelmente o funcionamento dos equipamentos, e assim sendo, o seu desempenho térmico e eficiência energética.

A influência da variação das condições do ar ambiente no desempenho térmico e na eficiência energética dos expositores pode ser determinada pela comparação das medições experimentais do consumo energético (I), e do volume de condensado no evaporador (V), e pelo cálculo do factor de contacto (FC).

No arrefecimento do ar húmido podem ser mencionados os seguintes casos:

- A temperatura do evaporador é superior à temperatura do ponto de orvalho do ar que entra no evaporador, determinando que a diferença entre as pressões parciais de vapor da água na superfície fria e no ar seja positiva. A superfície do evaporador permanece seca e o arrefecimento ocorre sem condensação de vapor de água;
- A temperatura do evaporador é inferior à temperatura do ponto de orvalho do ar que entra no evaporador, o que determina que a diferença entre a pressão parcial do vapor de água saturado na superfície fria e a pressão parcial de vapor do ar seja negativa. O arrefecimento produz-se com a condensação do vapor de água. Após o arrefecimento a humidade absoluta do ar à saída é inferior ao seu valor inicial.

Regra geral e também face aos resultados da análise experimental, o segundo caso é o mais usual. Define-se o factor de contacto (FC) da serpentina do evaporador como a eficiência de desumidificação, já que uma serpentina 100% eficiente levará o conteúdo de humidade do ar para o estado de ar saturado à temperatura de ponto de orvalho do dispositivo:



$$FC = \frac{\omega_A - \omega_B}{\omega_A - \omega_C} = \frac{h_A - h_B}{h_A - h_C} \approx \frac{T_A - T_B}{T_A - T_C}$$

Na Figura 6.1 é apresentado o diagrama psicrométrico no qual é representado um processo de arrefecimento com desumidificação, em que os pontos A e B correspondem às condições do ar à entrada e à saída do evaporador, respectivamente, enquanto o ponto C corresponde às condições do ar à temperatura de ponto de orvalho do equipamento. Especificamente, o factor de contacto expressa a fracção da quantidade de ar que é arrefecido por contacto com a superfície do evaporador. O parâmetro factor de bypass (FBP) é utilizado para expressar a eficiência de permutadores de arrefecimento de ar ambiente, e representa a fracção da quantidade de ar que atravessa o evaporador sem sofrer alteração da sua condição psicrométrica inicial, i.e., traduz o complemento do factor de contacto (FBP = 1 - FC).

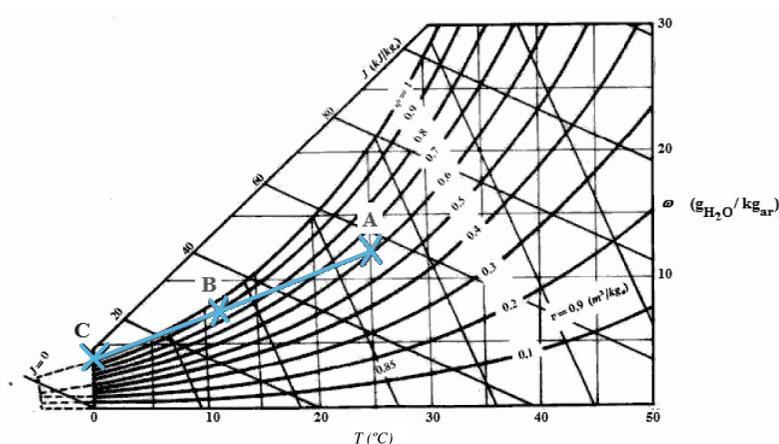


Figura 6.1 - Representação esquemática de um processo de arrefecimento com desumidificação no diagrama psicrométrico

Assim, não é possível dissociar os efeitos da temperatura e da humidade relativa do ar ambiente no desempenho térmico e eficiência energética, pelo que quanto maior for o FC, melhor será o desempenho térmico do equipamento e conseqüente segurança alimentar e menor será o seu consumo energético. Quando se dá a condensação do vapor de água na superfície do evaporador, em função da sua temperatura superficial, a água passa ao estado sólido, o que com o aumento de espessura reduz o coeficiente global de transferência de calor entre a superfície do evaporador e o ar. Esta situação leva a que sejam realizados ciclos de descongelação na superfície do evaporador por activação de resistências eléctricas. Este processo, para além de constituir uma carga térmica para o ar na região de conservação e exposição dos produtos, aumenta o consumo energético do equipamento.

Conforme apresentado por Miranda et al. (2002), a evolução climática da Terra nas três últimas décadas apresenta uma tendência de aquecimento, ainda que moderada mas já acima do nível usual de variabilidade inter anual. A quebra sucessiva de recordes para a temperatura em diferentes regiões e a ocorrência de períodos com situações extremas de calor, com grande impacto económico e social, obrigou a generalidade da sociedade a olhar para o aquecimento global como um problema premente. Estando Portugal Continental localizado aproximadamente entre



as latitudes de 37 °N e 42 °N e as longitudes de 9,5 °W e 6,5 °W, no extremo Sudoeste da Europa, encontra-se na zona de transição entre o anticiclone subtropical (anticiclone dos Açores) e a zona das depressões subpolares, sendo o clima fortemente influenciado pela proximidade ao Oceano Atlântico. No entanto, algumas das regiões que o constituem apresentam características climáticas de tipo continental. O clima é fortemente influenciado pela orografia da região, já que várias áreas das zonas Norte e Centro ultrapassam os 1000 m de altitude. A ligeira variação dos factores climáticos referidos (latitude, proximidade ao oceano e orografia) é suficiente para induzir variações significativas na temperatura (Tabela 6.1 e Tabela 6.2) e, principalmente, na precipitação (Tabela 6.3) observadas em Portugal Continental.

Tabela 6.1 - Temperatura média observada em Portugal Continental no período 1961-1990 (°C)

	MÍNIMO (°C)	LOCALIZAÇÃO	MÁXIMO (°C)	LOCALIZAÇÃO
Anual	7	centro-interior (terras altas)	18	Litoral-sul
Verão	16	Serra da Estrela	34	Centro-interior e centro-sul oriental
Inverno	2	centro-interior (terras altas)	12	Litoral-sul

Fonte: (Miranda et al., 2002)

Tabela 6.2 – Número de dias por ano médio com temperatura média prescrita, no período 1961-1990

	MÍNIMO (°C)	LOCALIZAÇÃO	MÁXIMO (°C)	LOCALIZAÇÃO
$T_{\min} \leq 0 \text{ °C}$	0	Litoral-oeste e sul	100	Terras altas do centro-interior
$T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$	2	Litoral-oeste e sul	40	Centro-interior
$T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$	2	Centro-interior (localizado)	180	Centro-sul oriental
$T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$	< 5	Norte e costa litoral	30	Centro-sul oriental

Fonte: (Miranda et al., 2002)

Tabela 6.3 - Precipitação média acumulada observada em Portugal Continental no período 1961-1990 (l/m²)

	MÍNIMO (l/m ²)	LOCALIZAÇÃO	MÁXIMO (l/m ²)	LOCALIZAÇÃO
Anual	400	centro-sul interior	3000	Litoral-norte
Verão	< 50	Centro e sul	150	Litoral-norte
Inverno	200	Centro-sul oriental	1400	Litoral-norte

Fonte: (Miranda et al., 2002)

Miranda et al. (2002) desenvolveram três cenários climáticos (de emissão de gases de estufa e com recurso a dados climáticos provenientes de diversos modelos globais e regionais) que constituem uma estimativa da provável evolução do clima global ao longo do século XXI. Todos os modelos, em todos os cenários, prevêem



um aumento significativo da temperatura média em todas as regiões de Portugal até ao fim do século XXI. No continente, são estimados aumentos da temperatura máxima no Verão entre 3 °C na zona costeira e 7 °C no interior, acompanhados por um grande incremento da frequência e intensidade de períodos e vagas de calor. Esta previsão pode evidenciar um aumento do intervalo da temperatura diurna e uma intensificação do gradiente térmico entre o litoral e interior do país. Relativamente à precipitação, quase todos os modelos prevêem reduções na precipitação média e na duração do período de chuva, que podem atingir valores correspondentes a 20 % a 40 % da precipitação anual. Com os dados actuais e previsões futuras, verifica-se que a influência das condições ambientais é determinante para o correcto funcionamento dos equipamentos, e para a determinação de metodologias que promovam a redução do consumo energético e a melhoria do desempenho térmico. A grande maioria destes equipamentos encontra-se instalada em grandes superfícies comerciais que possuem controlo das condições do ar ambiente para as quais os equipamentos foram projectados. Variações das condições do ar afectam o seu funcionamento. A instalação destes equipamentos em pequenos estabelecimentos comerciais como pastelarias, mercearias e afins, determina uma maior influência das condições do ar ambiente, pois estas variam substancialmente com a zona do País.

Assim, é essencial reconhecer a influência das condições ambiente (temperatura, humidade e velocidade do ar) no desempenho dos equipamentos expositores refrigerados. Na Figura 6.2 é apresentada a relação entre o volume de condensado (água procedente da descongelação na superfície do evaporador no qual se tinha condensado o vapor de água do ar ambiente) e a humidade relativa do ar ambiente. Os equipamentos expositores refrigerados verticais são mais susceptíveis às variações de humidade do ar ambiente do que outros tipos de equipamentos, já que a grande área de exposição leva a uma maior interacção do ar refrigerado com o ar ambiente húmido, que se traduz no aumento da formação de gelo na superfície do evaporador (Gas Research Institute, 2000). Segundo Howell (1993a, 1993b), a redução da humidade relativa do ar ambiente de 55% para 35% traduz-se em poupanças energéticas de 29% no caso de equipamentos expositores refrigerados verticais abertos ao ar ambiente.

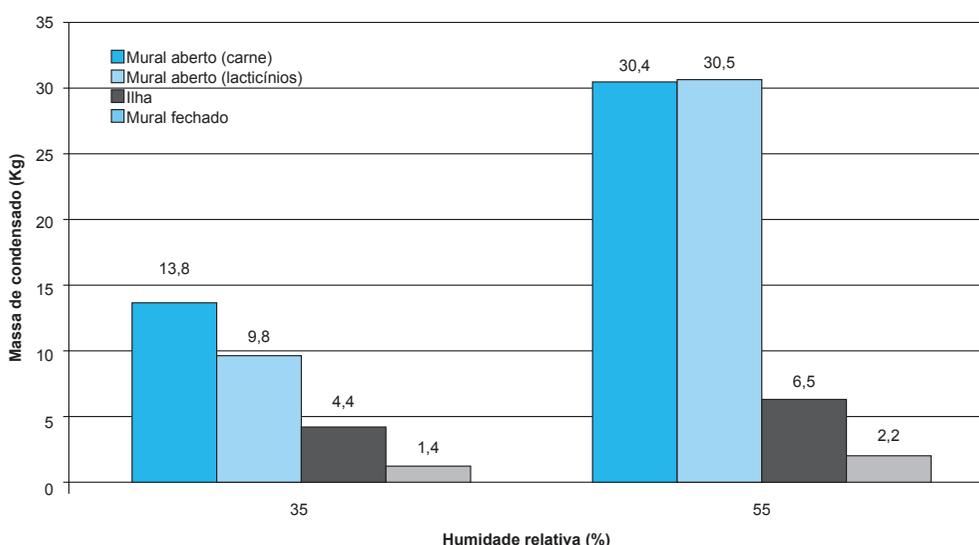


Figura 6.2 - Relação entre humidade relativa do ar ambiente e volume de condensado
Fonte: (Gas Research Institute, 2000)



6.2 - Tendências futuras

Segundo a ETSU (2001) e de acordo com a CRMD (2001a e 2001b), as evoluções tecnológicas mais promissoras no que respeita aos sistemas de refrigeração, ambicionam:

- A exploração da melhor eficiência energética dos refrigerantes hidrocarbonetos;
- O controlo mais eficaz da carga de refrigerante através de dispositivos de expansão por tubos capilares;
- O uso mais apropriado dos controlos e dos pontos de funcionamento. Assim, seria desejável a utilização de um controlo do tipo termostático mais preciso ou de outro processo de controlo mais eficaz que actue, não só os diversos mecanismos de refrigeração, mas que também seja capaz de accionar o grau de refrigeração necessário em função da carga de produtos alimentares no interior do espaço de refrigeração.

Segundo estas referências, relativamente ao desenvolvimento dos dispositivos que compõem os equipamentos, deve-se ambicionar a optimização do seu design aliada a uma adequada selecção de componentes fiáveis, com principal incidência nos sensores de temperatura, nos ventilo-convectores, na utilização de iluminação apropriada, e com menor dissipação de calor para o espaço de exposição e conservação dos produtos, e ao aperfeiçoamento do isolamento térmico e dos materiais com vidro. A redução dos consumos energéticos dos mecanismos de anti-embaciamento através da melhoria do isolamento local ou do controlo do aquecimento das superfícies e o melhoramento e evolução dos mecanismos de descongelação e dos métodos de controlo que lhes são afectos, são também necessários.

Também a ASHRAE (2006), indica pormenorizadamente as oportunidades de melhoria da eficiência energética dos equipamentos expositores refrigerados. Todas as oportunidades para a redução do consumo energético podem ser conseguidas com uma escolha cuidadosa dos componentes e das práticas de funcionamento, além de uma avaliação face ao compromisso com as exigências dos clientes, custos de produção, desempenho do sistema, segurança da instalação e custos de manutenção. Entre estas distinguem-se a redução da carga térmica e a melhoria dos componentes do equipamento expositor refrigerado.

6.2.1 - Redução da carga térmica

A redução da carga térmica apresenta-se como o primeiro passo para tentar aumentar a eficiência energética do equipamento de refrigeração. Antes de mais, a localização destes equipamentos no interior do espaço comercial deverá ser tal que possibilite minimizar: o efeito de perturbação da cortina de ar produzido pelas grelhas de insuflação do sistema de condicionamento de ar, assim como a transferência de calor originada por fontes de calor próximas do equipamento ou até mesmo a luz solar directa.

Carga térmica por infiltração de ar ambiente

Sendo a carga térmica mais importante nos equipamentos expositores refrigerados verticais abertos ao ar ambiente, são de seguida descritas algumas formas de a reduzir:

- Instalação de portas de vidro nos equipamentos abertos ao ar ambiente, providenciando uma barreira permanente à infiltração;
- Optimização da cortina de ar, possibilitando uma redução da interacção com o ar ambiente, pelo que o ar retornado ao evaporador encontra-se a baixa temperatura;
- Instalação e utilização de cortinas nocturnas durante as horas de fecho dos estabelecimentos comerciais que



não funcionam 24h por dia. Faramarzi (1997) indica que a utilização 6h por dia da cortina nocturna reduz a carga térmica em 8% e a necessidade de funcionamento do compressor em 9%.

Carga térmica por radiação térmica

Com o objectivo de minimizar a carga térmica por radiação térmica deverá ser evitada a colocação de objectos com dissipação de calor assinalável junto dos equipamentos expositores refrigerados, já que as suas temperaturas superficiais irradiarão calor para as superfícies na zona de exposição e conservação de produtos alimentares, incluindo para a superfícies dos produtos.

A utilização de cortinas nocturnas reduz a transferência de calor por radiação térmica.

Carga térmica por condução térmica

O aumento da resistência térmica condutiva, quer seja pela utilização de materiais com baixa condutividade ou pelo aumento de espessura de isolamento, reduz a transferência de calor por condução térmica através das paredes que delimitam o espaço refrigerado. Embora a carga térmica por condução contabilize menos de 5% da carga térmica total para equipamentos expositores refrigerados de temperatura positiva, esta parcela aumenta para cerca de 20% no caso de equipamento de temperatura negativa.

6.2.2 - Melhoria dos componentes do equipamento expositor refrigerado

A selecção cuidada dos componentes baseada na aplicação da comercialização do equipamento, nas características energéticas e nas dimensões adequadas pode contribuir significativamente para a melhoria da eficiência energética.

Evaporador

O projecto da serpentina do evaporador afecta significativamente o desempenho do equipamento de refrigeração (Bullard e Chandrasekharan, 2004). O correcto dimensionamento do evaporador permite a manutenção de uma temperatura do ar insuflado mesmo que funcionando a uma temperatura do evaporador mais elevada. Embora a temperatura do evaporador (ou pressão de admissão) esteja directamente relacionada com efeito de refrigeração pretendido, também obstrui o desempenho do sistema de refrigeração pelo aumento da densidade do refrigerante à entrada do compressor e conseqüentemente aumentar o trabalho do compressor. As características da serpentina do evaporador poderão ser aperfeiçoadas dos seguintes modos:

- Aumento da eficácia da transferência de calor: As serpentinas eficientes possuem uma maior área superficial de transferência de calor, composta por matérias que melhoram as propriedades de transferência de calor, absorvendo tanto calor quanto possível do ar através da optimização das alhetas. Os ventiladores dos evaporadores deverão ser seleccionados de modo a distribuírem uniformemente através da maior área superficial possível;
- Melhoria do projecto das tubagens da serpentina do evaporador: Os materiais utilizados nas serpentinas dos evaporadores, como seja o cobre, possuem elevada condutividade o que facilita a transferência de calor através da serpentina. Melhoria da superfície interior dos tubos das serpentinas poderá auxiliar a transferência de calor por geração de turbulência no refrigerante, aumentando o seu tempo de contacto com a superfície



do tubo. No entanto, turbulência excessiva poderá provocar a perda de pressão no refrigerante forçando o compressor a maior trabalho (Dossat, 1997);

- Melhoria da distribuição do refrigerante: O desempenho da serpentina do evaporador depende do caminho percorrido pelo refrigerante ao longo da serpentina. A otimização da serpentina reside em manter em contacto o refrigerante mais frio com o ar mais frio para assegurar a maior capacidade de transferência de calor;
- Superfície tolerante ao gelo: Normalmente, o bordo de admissão da serpentina apresenta o pior caso de formação de gelo devido à condensação do ar húmido retornado através da grelha de aspiração, mal entra em contacto com a superfície fria da serpentina. O gelo pode crescer até ao ponto de restringir o escoamento de ar através do evaporador. A serpentina pode ser composta por diversos módulos com diferente espaçamento entre alhetas de modo a controlar a formação de gelo. O aumento do espaçamento das alhetas no bordo de admissão da serpentina permite a formação de gelo, mas irá evitar o bloqueio total do evaporador. A redução do espaçamento entre alhetas poderá ser usada no bordo de saída para maximizar a transferência de calor para reduzir a temperatura do ar ao nível pretendido.

Dispositivo de descongelação

A carga térmica adicionada pelo processo de descongelação pode aumentar a temperatura dos produtos. Os métodos de descongelação deverão ser seleccionados de modo a adicionar o mínimo de calor ao equipamento de refrigeração.

A tecnologia que consegue avaliar a formação de gelo na superfície da serpentina do evaporador, permite que o controlador defina o melhor momento para iniciar o ciclo de descongelação, de modo a evitar descongelações desnecessárias e reduzir a excessiva formação de gelo no evaporador que poderá levar ao ser bloqueio. A utilização de sensores que avaliem exactamente o término do ciclo de descongelação por ausência de gelo na superfície do evaporador, reduzirão a carga térmica deste atribuída ao mecanismo de descongelação, assim como impedirão o aumento excessivo da temperatura dos produtos.

Dispositivo de anti-embaciamento

Os dispositivos de anti-embaciamento deverão possuir a menor potência possível. Adicionalmente, poderão ser utilizados sistemas de controlo capazes de reconhecer a necessidade de calor de anti-embaciamento das portas, colocando as resistências em funcionamento apenas quando necessário. Também a utilização de sensores de condensação ou de humidade relativa nas portas, que avaliam a formação de gotas ou as propriedades psicrométricas do ar, respectivamente, poderá contribuir para a activação/desactivação mais precisa do mecanismo de anti-embaciamento.

Os materiais utilizados na construção das portas tem evoluído até ao ponto da necessidade de um mecanismo de anti-embaciamento ser muita reduzida, pela utilização quer de tipos de vidros adequados ao propósito quer de caixilhos especiais.

Válvulas de expansão

As válvulas de expansão termostáticas de porta dupla têm capacidade de modulação. Quando o ciclo de descongelação termina, o aumento da temperatura dos produtos pode ser contrariado pela abertura da maior porta da válvula de



expansão, permitindo o funcionamento do sistema com maior capacidade refrigerante. O sobreaquecimento pode ser controlador por válvulas de expansão electrónicas, com tempo de resposta mais rápido.

Permutadores de calor

Os permutadores de calor de sucção permitem que o gás refrigerante que abandona o evaporador absorva o calor do líquido refrigerante que nele entra, aumentando a capacidade refrigerativa do refrigerante. Estes dispositivos são mais efectivos em aplicações de baixa temperatura (EPRI, 1992).

Mecanismo de controlo do sistema de refrigeração

Todos os componentes do equipamento de refrigeração deverão estar conectados a um sistema de controlo que irá determinar o funcionamento dos actuadores em função do resultado do algoritmo que o compõe, baseado na análise das grandezas relevantes por sensores. O controlo óptimo da operação de cada um dos componentes, bem como avaliação da carga de produtos alimentares no interior do espaço de refrigeração, para determinar o grau de refrigeração necessário para arrefecer o produto, irão otimizar o desempenho do equipamento. Até ao momento o controlo utilizado nos equipamentos de refrigeração é do tipo termostático, no entanto, o desenvolvimento de metodologias de controlo baseadas em lógica fuzzy ou em redes neuronais artificiais poderiam lidar melhor com as situações intermédias do funcionamento dos dispositivos, assim como prever o grau de funcionamento futuro em função da análise dos valores actuais das grandezas relevantes determinado por sensores.

Outros dispositivos

As oportunidades de melhoria do desempenho térmico e eficiência energética também poderão ser conseguidas por actuação sobre outros dispositivos, tais como:

- A redução de potência dos componentes individuais do sistema de refrigeração resultaram em poupanças energéticas, assim como poderão reduzir a carga térmica dos componentes localizados no interior da fronteira termodinâmica do equipamento;
- A utilização de ventiladores do evaporador com motores eléctricos de velocidade variável permite a redução de cerca de 50% do consumo energético destes dispositivos, e conseqüentemente uma redução na dissipação de calor. Adicionalmente, o sistema de controlo pode ser projectado para actuar sobre estes dispositivos, reduzindo a velocidade dos ventiladores assim que a carga refrigerante pretendida é satisfeita;
- A iluminação dos equipamentos de refrigeração, tipicamente é do tipo fluorescente com balastro magnético (T12). As lâmpadas fluorescentes com balastro electrónico permitem uma redução de aproximadamente 30% do consumo energético, além de reduzir a carga térmica imputada por este dispositivo ao equipamento.

Os itens evidenciados correspondem a situações de evolução tecnológica já disponíveis, no entanto, alguns apresentam ainda custos elevados para as aplicações generalizadas que se iriam reflectir no custo do produto. Paralelamente, são levadas a cabo investigações em diversos campos, entre as quais as desenvolvidas por Gaspar (2002 a 2006). Baseiam-se no desenvolvimento de modelos numéricos de Dinâmica de Fluidos Computacional (Computational Fluid Dynamics – CFD) do escoamento do ar com transferência de calor para determinar características geométricas e funcionais, desde a distribuição das prateleiras, as características das grelhas de insuflação e de aspiração, a distribuição dos orifícios presentes no painel frontal interior, a localização

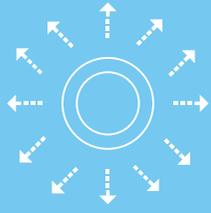


e características técnicas dos mais variados dispositivos, que optimizem o desempenho térmico e a eficiência energética destes equipamentos.

Outras áreas são também fruto de investigação, todavia, algumas das recomendações indicadas por várias entidades possuem custos associados bastante elevados, como sejam a utilização de painéis de isolamento com vácuo, pois possuem um coeficiente global de transferência de calor muito reduzido; a utilização de armazenamento térmico nos equipamentos; e a medição e avaliação da distribuição das temperaturas e do fluxo de ar no interior do espaço refrigerado.

Todos estes procedimentos pretendem contribuir para minimizar custos operativos e desperdícios intimamente relacionados com segurança alimentar. No entanto, é necessário realçar que embora o rumo de optimização do desempenho e da eficiência energética de equipamentos de refrigeração e conseqüentemente da segurança alimentar, siga nesta direcção, as dificuldades encontradas devem-se fundamentalmente à exigência de satisfazer, em simultâneo, requisitos de ordem técnica, comercial e económica.





Capítulo 7

02





Legislação e regulamentação aplicável à distribuição de produtos alimentares

- 7.1** - Introdução
- 7.2** - Legislação por tipo de produtos
 - 7.2.1** - Produtos hortofrutícolas
 - 7.2.2** - Carnes e produtos cárnicos
 - 7.2.3** - Pescado e outros produtos do mar
 - 7.2.4** - Lacticínios
 - 7.2.5** - Ovoprodutos
 - 7.2.6** - Outros produtos

Objectivos do Capítulo

- Identificar a principal legislação aplicável à distribuição de produtos alimentares;
- Descrever a principal legislação aplicável à distribuição de produtos alimentar, sistematizando por tipo de produtos.





7.1 - Introdução

A qualidade e a segurança alimentar dos produtos disponibilizados aos cidadãos da União Europeia continua a ser uma preocupação para as autoridades da União Europeia. Leis, Regulamentos e Directivas - gerais e sectoriais – controlam muitos aspectos da produção de alimentos e são, frequentemente reforçados pelos governos nacionais através de regulamentos locais. É fundamental que os intervenientes conheçam a legislação alimentar aplicável à conservação e distribuição de produtos alimentares

Neste capítulo é identificada a principal legislação ao nível da venda e comercialização de produtos alimentares. Nas secções seguintes essa legislação é identificada e sistematizada para os principais tipos de produtos, nomeadamente:

- Produtos hortofrutícolas;
- Carnes e produtos cárnicos;
- Pescado e outros produtos do mar;
- Lacticínios;
- Ovoprodutos.

Esta legislação é complementada ao nível de implementação ao longo das cadeias alimentares com um outro conjunto de legislação sistematizado no manual “Higiene e Segurança Alimentar no Transporte de Produtos Alimentares” (Baptista, P., *et al.*, 2006). São igualmente apresentados e discutidos aspectos relacionados com a segurança alimentar para estes tipos de produto no manual “Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de Transporte e Distribuição de Produtos Alimentares” (Baptista, P., 2006).

7.2 - Legislação por tipos de produtos

7.2.1 - Hortofrutícolas

Na Tabela 7.1 encontra-se identificada e sistematizada a legislação nacional e comunitária relacionada com a venda e comercialização de produtos hortofrutícolas. A legislação identificada na Tabela 7.1 não é completamente exhaustiva, tendo sido seleccionada a legislação que foi considerada mais representativa. Pode existir outra legislação que, não incidindo especificamente nos aspectos relacionados com a venda e a comercialização de produtos hortofrutícolas, também os considere.

Tabela 7.1 – Principal legislação relacionada com a venda e a comercialização de produtos hortofrutícolas

LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Regulamento (CE) n° 907/2004	Altera as normas de comercialização aplicáveis às frutas e produtos hortícolas frescos no respeitante à apresentação e à marcação.
Regulamento (CE) n° 408/2003	Altera o Regulamento (CE) n.° 1148/2001 relativo aos controlos de conformidade com as normas de comercialização aplicáveis no sector das frutas e produtos hortícolas frescos.
Decreto-Lei n° 97/84	Regula a produção, comercialização e consumo de doces, geleias, compotas e outros produtos derivados de frutos.



7.2.2 - Carnes e produtos cárnicos

Na Tabela 7.2 encontra-se identificada e sistematizada a legislação nacional e comunitária relacionada com a venda e comercialização de carnes e produtos cárnicos. A legislação identificada na Tabela 7.2 não é completamente exaustiva, tendo sido seleccionada a legislação que foi considerada mais representativa. Pode existir outra legislação que, não incidindo especificamente nos aspectos relacionados com a venda e a comercialização de carnes e produtos cárnicos, também os considere.

Tabela 7.2 – Principal legislação relacionada com a venda e a comercialização de carnes e produtos cárnicos

LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Decreto-Lei nº 147/2006	Aprova o Regulamento das Condições Higiénicas e Técnicas a Observar na Distribuição e Venda de Carnes e Seus Produtos, revogando os Decretos-Leis n.os 402/84, de 31 de Dezembro, e 158/97, de 24 de Junho.
Directiva 2004/41/CE	Revoga certas directivas relativas à higiene dos géneros alimentícios e às regras sanitárias aplicáveis à produção e à comercialização de determinados produtos de origem animal destinados ao consumo humano e altera as Directivas 89/662/CEE e 92/118/CEE do Conselho e a Decisão 95/408/CE do Conselho (JO L 157 de 30.4.2004).
Decreto-Lei nº 20/2001	Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva 99/0089/CE, da Comissão, de 15 de Novembro que altera a Directiva 91/0494/CEE, de 26 de Junho relativa às condições de polícia sanitária que regem o comércio intracomunitário e as importações provenientes de países terceiros de carnes frescas de aves de capoeira.
Decreto-Lei nº 556/99	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 94/0065/CE, do Conselho, de 14 de Dezembro, que institui os requisitos de produção e colocação no mercado de carnes picadas e de preparados de carnes picadas e preparados de carne, bem como a rectificação à mesma publicada no Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L127 de 29 de Abril de 1998. Republica em Anexo o Regulamento da Produção de Carnes Picadas e de preparados de Carne e da Sua Colocação no Mercado.
Decreto-Lei nº 527/99	Altera o Decreto-Lei nº 167/96, de 7 de Setembro relativo às condições sanitárias em matéria de produção e colocação no mercado de carnes frescas de aves de capoeira, e transpõe para o direito interno a Directiva 97/0079/CE, do Conselho, de 18 de Dezembro.
Decreto-Lei nº 232/99	Estabelece as normas relativas ao fabrico, autorização de introdução no mercado, armazenamento, transporte, comercialização e utilização de produtos de uso veterinário.
Decreto-Lei nº 111/99	Altera o nº 2 da Portaria nº 271/95, de 4 de Abril, que estabelece normas relativas às condições sanitárias da produção de carnes frescas e sua colocação no mercado.
Decreto-Lei nº 417/98	Altera o Decreto-Lei nº 158/97, de 24 de Junho que aprova as condições higiénicas e técnicas a observar na distribuição e venda de carnes e seus produtos. O presente diploma contempla também as normas relativas ao fabrico de enchidos.
Decreto-Lei nº 342/98	Estabelece as condições sanitárias aplicáveis à produção e à colocação no mercado de produtos à base de carnes e de outros produtos de origem animal, destinados, após tratamento, ao consumo humano ou à preparação de outros géneros alimentícios. Revoga o Decreto – Lei nº 354/90, de 10 de Novembro e as Portarias nº 1229/93, de 27 de Novembro, 59/95, de 25 de Janeiro e 684/95, de 28 de Junho.
Decreto-Lei nº 155/98	Altera o decreto – Lei nº 158/97, de 24 de Junho que Aprova o Regulamento das Condições Higiénicas e Técnicas a Observar na Distribuição e Venda de Carnes e seus Produtos, alterando o nº 4 do artigo 25 de referido Regulamento.
Decreto-Lei nº 158/97	Aprova as condições e técnicas a observar na distribuição e venda de carnes e seus produto. Revoga os regulamentos aprovados pelas alíneas a), b), d) e e) do Decreto – Lei nº 261/84, de 31 de Julho. (Aprova em Anexo o Regulamento das Condições Higiénicas e Técnicas a Observar na Distribuição e Venda de Carnes e seus Produtos).



Decreto-Lei nº 167/96	Transpõe para a ordem jurídica nacional o Anexo B da directiva 92/0016/CEE, do Conselho, de 17 de Dezembro relativa aos problemas sanitários em matéria de comércio de carnes frescas de aves de capoeira. (Fixa em anexo o Regulamento Relativo a Problemas Sanitários e de Colocação no Mercado de Carnes Frescas de Aves de Capoeira).
Decreto-Lei nº 62/96	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 94/0065/CE, do Conselho, de 14 de Dezembro, que institui os requisitos de produção e colocação no mercado de carnes picadas e de preparados de carnes picadas e preparados de carne. (Contém em Anexo o Regulamento da Produção de carnes picadas e de preparados de carne e da sua colocação no mercado).
Decreto-Lei nº 44/96	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 92/0045/CEE, do Conselho, de 16 de Junho, relativa aos problemas sanitários referentes ao abate de caça selvagem e à colocação no mercado das respectivas carnes.
Portaria nº 252/96	Altera a Portaria nº 971/94, de 29 de Outubro que aprova o Regulamento das Condições Sanitárias da produção de Carnes Frescas e sua Colocação no Mercado.
Portaria nº 271/95	Estabelece normas relativas às condições sanitárias da produção de carnes frescas e sua colocação no mercado.
Portaria nº 971/94	Aprova o Regulamento das Condições Sanitárias da produção de Carnes Frescas e sua Colocação no Mercado.
Portaria nº 404/94	Altera a Portaria nº 575/93, de 4 de Junho que aprova o Regulamento dos Controlos Veterinários e Zootécnicos Aplicáveis ao Comércio Intracomunitário de Animais Vivos e Produtos Animais.
Decreto-Lei nº 179/93	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 91/0495/CEE, do Conselho, de 27 de Novembro relativa aos problemas sanitários inerentes à produção e colocação no mercado de carne de coelho e de carne de criação.
Decreto-Lei nº 178/93	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 64/433/CEE, do Conselho, de 26 de Junho, relativa às condições sanitárias de produção de carnes frescas e sua colocação no mercado.
Decreto-Lei nº 69/93	Transpõe para a ordem jurídica interna as Directivas 90/425/CEE, do Conselho, de 26 de Junho e 91/628/CEE, do Conselho, de 19 de Novembro, que estabelecem os controlos veterinários e zootécnicos aplicáveis ao comércio intracomunitário de animais vivos e produtos animais, referidos nos diplomas enumerados no Anexo a este diploma do qual faz parte integrante.
Portaria nº 1313/93	Estabelece normas relativas ao fabrico e comercialização de carnes preparadas e enchidos de carne.
Portaria nº 1001/93	Aprova o Regulamento das Condições de Policia Sanitária da Produção e Colocação no Mercado de Carnes de Coelho e de Carnes de Caça de Criação.
Directiva 92/116/CE	Altera e actualiza a Directiva 71/118/CEE, relativa aos problemas sanitários em matéria de comércio comunitário de carnes frescas de aves de capoeira.

7.2.3 - Pescado e outros produtos do mar

Na Tabela 7.3 encontra-se identificada e sistematizada a legislação nacional e comunitária relacionada com a venda e comercialização de pescado e outros produtos do mar. A legislação identificada na Tabela 7.3 não é completamente exaustiva, tendo sido seleccionada a legislação que foi considerada mais representativa. Pode existir outra legislação que, não incidindo especificamente nos aspectos relacionados com a venda e a comercialização de pescado e outros produtos do mar, também os considere.



Tabela 7.3 – Principal legislação relacionada com a venda e a comercialização de pescado e outros produtos do mar

LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Declaração de Rectificação nº 35/2004	Rectifica o Decreto – Lei nº 37/2004, de 26 de Fevereiro, que estabelece condições a que deve obedecer a comercialização dos produtos da pesca e aquicultura congelados, ultracongelados e descongelados destinados à alimentação humana.
Decreto–Lei nº 37/2004	Estabelece condições a que deve obedecer a comercialização dos produtos da pesca e aquicultura congelados, ultracongelados e descongelados.
Decreto-Lei nº 243/2003	Altera o Decreto-Lei nº 134/2002, de 14 de Maio, que estabelece o regime de rastreabilidade e de controlo das exigências de informação ao consumidor a que está sujeita a venda a retalho dos produtos da pesca e da aquicultura nos termos do Regulamento 2065/2001.
Decreto-Lei nº 134/2002	Estabelece o regime de rastreabilidade e de controlo das exigências de informação ao consumidor a que está sujeita a venda a retalho dos produtos da pesca e da aquicultura, nos termos do Regulamento 2065/2001
Decreto–Lei nº 548/99	Estabelece as condições de polícia sanitária que regem a introdução no mercado de animais e produtos da aquicultura, revogando o Decreto – Lei nº 340/93, de 30 de Setembro e as Portarias nº 522/95, de 31 de Maio, nº 113/96, de 12 de Abril e nº 52/96, de 20 de Fevereiro.
Decreto–Lei nº 447/99	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 97/0079/CE, do Conselho, de 18 de Dezembro, que altera a Directiva 91/0493/CEE transposta pelo Decreto – Lei nº 375/98, de 24 de Novembro, relativo à produção e à colocação no mercado dos produtos da pesca destinados ao consumo humano.
Decreto–Lei nº 375/98	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 91/0493, do Conselho, de 23 de Julho, bem como a Directiva 92/0048/CEE, do Conselho, de 16 de Junho, que fixa as normas mínimas de higiene aplicáveis aos produtos de pesca obtidos a bordo de determinados navios e a Directiva 95/0071/CE, do Conselho, de 22 de Dezembro que adopta as norma sanitárias relativas à produção e à colocação no mercado dos produtos da pesca destinados ao consumo humano.
Decreto–Lei nº 293/98	Altera o Decreto-Lei nº 112/95, de 23 de Maio que estabelece as normas relativas à produção e colocação no mercado de bivalves vivos, alterando o seu artigo 1º para transposição da Directiva 91/0496/CEE alterada pela Directiva 97/0062/CE.
Decreto–Lei nº 243/98	Altera o artigo 10º do Decreto – Lei nº 304/87, de 4 de Agosto que estabelece o regime de primeira venda de pescado fresco.
Regulamento (CE) nº 2406/96	Relativo à fixação de normas comuns de comercialização para certos produtos da pesca.
Decreto–Lei nº 112/95	Estabelece as normas relativas à produção e colocação no mercado de moluscos bivalves vivos.
Portaria nº 335/91	Aprova as normas técnicas de execução regulamentar do Decreto – Lei nº 230/90, de 11 de Julho (Produção, comercialização e a conservação do pescado congelado e ultra-congelado).
Decreto–Lei nº 237/90	Altera o Decreto-Lei nº 304/87, de 4 de Agosto que estabelece o regime de primeira venda de pescado fresco.
Decreto–Lei nº 230/90	Estabelece os requisitos a que deve obedecer a produção, comercialização e a conservação do pescado congelado e ultra-congelado, bem como a sua embalagem e rotulagem.
Portaria nº 779/87	Dá nova redacção ao n.º 1 do n.º 13.º e ao n.º 1 do n.º 14.º da Portaria n.º 311/80, de 30 de Maio, que estabelece normas relativas à comercialização de pescado fresco. Revoga a Portaria n.º 581/84, de 8 de Agosto.
Portaria nº 355/87	Introduz modificações ao regime de comercialização de bacalhau e espécies afins, permitindo a sua venda pré-embalada em partes seleccionadas, quando salgado seco ou salgado verde.
Portaria nº 311/80	Estabelece normas relativas à comercialização do pescado fresco.



7.2.4 - Lacticínios

Na Tabela 7.4 encontra-se identificada e sistematizada a legislação nacional e comunitária relacionada com a venda e comercialização de leite e lacticínios. A legislação identificada na Tabela 7.4 não é completamente exaustiva, tendo sido seleccionada a legislação que foi considerada mais representativa. Pode existir outra legislação que, não incidindo especificamente nos aspectos relacionados com a venda e a comercialização de leite e lacticínios, também os considere.

Tabela 7.4 – Principal legislação relacionada com a venda e a comercialização de leite e lacticínios

LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Portaria nº 56/96	Altera a Portaria nº 1068/95, de 30 de Agosto, que altera o Regulamento aprovado pela Portaria nº 533/93, de 21 de Maio (Aprova o Regulamento das Normas Sanitárias Aplicáveis à Produção e Colocação no Mercado de Leite Cru, de Leite de Consumo Tratado Termicamente, de Leite Destinado à Transformação e de Produtos à Base de Leite, Destinados ao Consumo Humano).
Portaria nº 1068/95	Altera o Regulamento aprovado pela Portaria nº 533/93, de 21 de Maio (Aprova o Regulamento das Normas Sanitárias Aplicáveis à Produção e Colocação no Mercado de Leite Cru, de Leite de Consumo Tratado Termicamente, de Leite Destinado à Transformação e de Produtos à Base de Leite, Destinados ao Consumo Humano).
Portaria nº 521/95	Altera a Portaria nº 742/92, de 24 de Julho que estabelece as regras sobre a produção, comercialização e consumo de iogurte e de leites fermentados.
Portaria nº 576/93	Estabelece o Regulamento dos Controlos Veterinários Aplicáveis ao Comércio Intracomunitário de Produtos de origem animal.
Portaria nº 533/93	Aprova o Regulamento das Normas Sanitárias Aplicáveis à Produção e Colocação no Mercado de Leite Cru, de Leite de Consumo tratado termicamente, de Leite destinado à transformação e de produtos à base de Leite, destinados ao consumo humano. Revoga a Portaria nº 7/91, de 7 de Setembro. (Mantêm-se em vigor as determinações das características estabelecidas pela Portaria nº 472/87, de 4 de Junho, que não estejam contempladas pela presente Portaria).
Decreto-Lei nº 110/93	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 89/662/CEE, do Conselho, de 11 de Dezembro, relativa aos controlos veterinários aplicáveis ao comércio intracomunitário de produtos de origem animal.
Portaria nº 742/92	Estabelece regras sobre a produção, comercialização e consumo de iogurte e de leites fermentados.
Decreto Regulamentar nº 7/81	Aprova regulamentação sobre a produção, recolha e comércio de leite.

7.2.5 - Ovoprodutos

Na Tabela 7.5 encontra-se identificada e sistematizada a legislação nacional e comunitária relacionada com a venda e comercialização de ovos e ovoprodutos. A legislação identificada na Tabela 7.1 não é completamente exaustiva tendo sido seleccionada a legislação que foi considerada mais representativa. Pode existir outra legislação que, não incidindo especificamente nos aspectos relacionados com a venda e a comercialização de ovos e ovoprodutos, também os considere.



Tabela 7.5 – Principal legislação relacionada com a venda e a comercialização de ovos e ovoprodutos

LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO
Regulamento (CE) n.º 2295/2003	Estabelece as regras de execução do Regulamento (CEE) n.º 1907/90 Conselho relativo a certas normas de comercialização aplicáveis aos ovos.
Regulamento (CE) n.º 2052/2003	Altera o Regulamento (CEE) n.º 1907/90 relativo a certas normas de comercialização aplicáveis aos ovos.
Regulamento (CE) n.º 326/2003	Rectifica o Regulamento (CEE) n.º 1274/91 que estabelece as regras de execução do Regulamento (CEE) n.º 1907/90 do Conselho, relativo a certas normas de comercialização aplicáveis aos ovos.
Regulamento (CE) n.º 5/2001	Altera o Regulamento (CEE) n.º 1907/90 relativo a certas normas de comercialização aplicáveis aos ovos.
Portaria n.º 46/97	Altera o Capítulo XI do anexo da Portaria n.º 1009/93, de 12 de Outubro que estabelece as prescrições de ordem higiénica e sanitária, aplicáveis à produção e à colocação no mercado de ovoprodutos destinados tanto ao consumo directo como ao fabrico de géneros alimentícios.
Declaração de Rectificação n.º 67/94	De ter sido rectificada a Portaria n.º 247/94, do Ministério da Agricultura, que altera a alínea b) do n.º 1 do capítulo IX do anexo da Portaria n.º 1009/93, de 12 de Outubro (estabelece as prescrições de ordem higiénica e sanitária aplicáveis à produção e à colocação no mercado dos ovoprodutos), publicada no Diário da República, 1.ª série, n.º 90, de 18 de Abril de 1994.
Portaria n.º 247/94	Altera a alínea b) do n.º 1 do Capítulo VI e o n.º 4 do Capítulo IX da Portaria n.º 1009/93, de 12 de Outubro, que estabelece as prescrições de ordem higiénica e sanitária, aplicáveis à produção e à colocação no mercado de ovoprodutos.
Portaria n.º 1009/93	Estabelece as prescrições de ordem higiénica e sanitária, aplicáveis à produção e à colocação no mercado de ovoprodutos destinados tanto ao consumo directo como ao fabrico de géneros alimentícios.
Decreto-Lei n.º 234/92	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva do Conselho n.º 89/437/CEE, de 20 de Junho de 1989, que estabelece medidas de ordem higiénica e sanitária respeitantes à produção e à colocação no mercado de ovoprodutos.
Directiva 89/437/CEE do Conselho	Relativa aos problemas de ordem higiénica e sanitária respeitantes à produção e à colocação no mercado dos ovoprodutos.

7.2.6 - Outros produtos

Na Tabela 7.6 encontra-se identificada e sistematizada outra legislação nacional e comunitária relacionada com a venda e comercialização de produtos alimentares em geral ou de outros produtos alimentares que não os considerados nas secções anteriores. A legislação identificada na Tabela 7.6 não é completamente exaustiva tendo sido seleccionada a legislação que foi considerada mais representativa.

Tabela 7.6 – Outra legislação relacionada com a venda e a comercialização de produtos alimentares

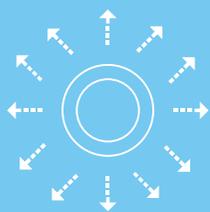
LEGISLAÇÃO	DESCRIÇÃO	PRODUTO
Decreto-Lei n.º 370/99	Estabelece o regime a que está sujeita a instalação de estabelecimentos de comércio (licenciamento da construção ou utilização de edifícios ou suas fracções) ou armazenagem de produtos alimentares, bem como dos estabelecimentos do comércio de produtos não alimentares cujo funcionamento envolve riscos para a saúde e segurança das pessoas. (Não se aplica à instalação de estabelecimentos de restauração e de bebidas)	Geral
Portaria n.º 329/75	Estabelece as condições mínimas de higiene nos locais de venda de produtos alimentares. (Nos números 1 e 18 fixa as condições gerais de câmaras frigoríficas; regulamenta o transporte de géneros alimentícios nos contentores).	Geral



Decreto nº 16130	Estipula regras de fiscalização de géneros alimentícios de origem animal, dos respectivos locais ou estabelecimentos de produção, preparação, fabrico, armazenagem e venda.	Geral
Decreto-Lei nº 268/2002	Revoga o nº 4 do artº 7º do Decreto – Lei nº 156/98, de 6 de Junho, permitindo a comercialização das águas minerais naturais e águas de nascente sem se fixarem capacidades obrigatórias para o seu embalamento.	Água mineral
Directiva 96/70/CE do Parlamento Europeu e do Conselho	Altera a Directiva 80/777/CEE do Conselho relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes à exploração e à comercialização de águas minerais naturais.	Água mineral
Decreto-Lei nº 62/2000	Define e caracteriza o arroz e as trincas de arroz destinados ao consumidor final, fixa os respectivos métodos de análise, tipos de classes comerciais, classificação de variedades e estabelece as normas técnicas relativas à comercialização, acondicionamento e rotulagem.	Arroz
Decreto-Lei nº 87/96	Liberaliza a venda do sal iodado e define as regras da sua comercialização.	Condimentos; Especiarias; Aperitivos
Decreto-Lei nº 58/85	Estabelece normas relativas ao fabrico e comercialização do vinagre.	Condimentos; Especiarias; Aperitivos
Portaria nº 282/84	Altera a Portaria nº 20400, de 28 de Fevereiro de 1964 e a Portaria nº 404/73, de 8 de Junho que estabelece, respectivamente, as características do sal purificado para venda ao público e os princípios da sua comercialização.	Condimentos; Especiarias; Aperitivos
Portaria nº 404/73	Revê os princípios a que obedece a comercialização do sal.	Condimentos; Especiarias; Aperitivos
Portaria nº 254/2003	Define as características e estabelece as regras de rotulagem, acondicionamento, transporte, armazenagem e comercialização das farinhas destinadas a fins industriais e a usos culinários, bem como das sêmolas destinadas ao fabrico de massas alimentícias e a usos culinários.	Farinhas
Decreto-Lei nº 65/92	Estabelece a regulamentação a observar no fabrico, composição, acondicionamento, rotulagem e comercialização de farinhas, pão, sêmolas e produtos similares.	Farinhas, pão
Decreto-Lei nº 13/2006	Procede à primeira alteração ao Decreto-lei nº 106/2005, de 29 de Junho, que fixa as características a que devem obedecer as gorduras vegetais destinadas à alimentação humana e as condições a observar na sua obtenção ou tratamento, bem as regras da sua comercialização.	Gorduras vegetais
Decreto-Lei nº 16/2004	Implementa a nível nacional, o Regulamento 1019/2002, relativo às normas de comercialização do azeite, alterado pelo Regulamento 1964/2002 e pelo Regulamento 1176/2003, e estabelece as condições a observar na obtenção e tratamento do azeite e do óleo de bagaço de azeitona.	Gorduras; Azeite; Óleos alimentares
Decreto-Lei nº 2/2004	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 2002/0057, relativa à comercialização de sementes de espécies oleaginosas e fibrosas.	Gorduras; Sementes; Oleaginosas
Portaria nº 1548/2002	Altera e republica a Portaria nº 947/98, de 3 de Novembro, que fixa as características a que devem obedecer a margarina e outras emulsões gordas de gorduras e óleos vegetais e ou animais não lácteos destinadas à alimentação humana e as condições a observar na sua obtenção ou tratamento, bem como as regras da sua comercialização.	Gorduras; Emulsões gordas
Portaria nº 947/98	Fixa as características a que devem obedecer a margarina e outras emulsões gordas de gorduras e óleos vegetais e ou animais não lácteos destinadas à alimentação humana e as condições a observar na sua obtenção ou tratamento, bem como as regras da sua comercialização.	Gorduras; Emulsões gordas



Portaria nº 928/98	Fixa as características a que devem obedecer as gorduras e óleos vegetais destinados à alimentação humana e as condições a observar na sua obtenção ou tratamento, bem como as regras da sua comercialização.	Gorduras; Azeite; Óleos alimentares
Decreto-Lei nº 32/94	Estabelece o regime relativo à obtenção, utilização e comercialização das gorduras e óleos comestíveis.	Gorduras; Azeite; Óleos alimentares
Directiva 2002/99/CE	Estabelece as regras de polícia sanitária aplicáveis à produção, transformação, distribuição e introdução de produtos de origem animal destinados ao consumo humano.	Produtos de origem animal
Portaria nº 492/95	Define as condições sanitárias e de polícia sanitária que regem o comércio e as importações na Comunidade de produtos de origem animal.	Produtos de origem animal



Referências Bibliográficas

02

Bibliografia

- Adams, P., Merchandising vs. energy consumption in the supermarket, Heating/Piping/ Air Conditioning Journal, April, 1992.
- ADL – Westphalen, D., Zogg, R, Varon A. e Foran, M., Energy Savings Potential for Commercial Refrigeration Equipment, Ed. ADL - Arthur D. Little, Final Report prepared For Building Equipment Division Office of Building Technologies – U.S. Department of Energy – DOE, Cambridge, Mass., Arthur D. Little, Inc., 1996.
- ADL, Characterization of Commercial Appliances, Final Report prepared For Building Equipment Division Office of Building Technologies – U.S. Department of Energy – DOE, Cambridge, Mass., Arthur D. Little, Inc., 1993.
- AFEAS, Issue Areas: Production and Sales of Fluorocarbons, 2001, <http://www.afeas.com>
- AMCA, AMCA Standard 220-91 – Test methods for air curtain units, AMCA, 1991.
- ASHRAE, ASHRAE Handbook: Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1997.
- ASHRAE, ASHRAE Handbook: Refrigeration, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2006.
- ATP, Agreement on the international carriage of perishable foodstuffs and on the special equipment to be used for such carriage, ATP, Geneva, 1970.
- Baptista, P. e Noronha, J., Segurança Alimentar em Estabelecimentos Agro-Alimentares: Projecto e Construção, Forvisão – Consultoria em Formação Integrada, Guimarães, Portugal, 2003.
- Baptista, P., Dinis, P. e Oliveira, J., Higiene e Segurança Alimentar no Transporte de Produtos Alimentares, Forvisão – Consultoria em Formação Integrada, Guimarães, Portugal, 2006.
- Baptista, P., Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de Transporte e Distribuição de Produtos Alimentares, Forvisão – Consultoria em Formação Integrada, Guimarães, Portugal, 2006.
- Bennahmias, R., Transport de fruits et légumes frais à temperature dirigée, Revue Internationale du Froid, vol. 13, 1990.
- Bullard, C. e Chandrasekharan, R., Analysis of design tradeoffs for display case evaporators, University of Illinois at Urbana-Champaign - Air Conditioning and Refrigeration Center. Report prepared for Oak Ridge National Laboratory - UT-Battelle LLC, for the U.S. Department of Energy, May, 2004.

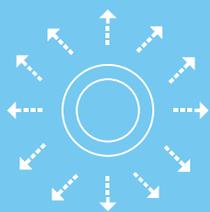


- Çengel, Y.A. e Boles, M.A., Thermodynamics – An Engineering Approach, 2nd edition, McGraw-Hill, U.S.A., 1994.
- Çengel, Y.A., Heat transfer – A practical approach, McGraw-Hill Companies, Inc., U.S.A., 1998.
- CRMD, Division of Air-Conditioning and Refrigeration Institute, Retail store fixture design and installation guidelines, 2001.
- CRMD, Division of Air-Conditioning and Refrigeration Institute, Standard CRS-S1-96, Retail food store refrigerators – health and sanitation, 2001.
- Dossat, R.J., Principles of Refrigeration, 3th Edition, Prentice Hall International Editions, Inc., 1991.
- EIA, 1999 Commercial Buildings Energy Consumption Survey, Energy Information Administration, Department of Energy, Washington, D.C., 1999.
- EIA, Energy Outlook 1995, Energy Information Administration, Department of Energy, Washington, D.C., 1995.
- Empis, J. e Moldão Martins, M., Produtos Horto-Frutícolas Frescos ou Minimamente processados. **Refrigeração**, SPI, Principia, Lisboa, 2000.
- ETSU, Integral refrigerated retail display cabinets in the United Kingdom, Sector Review Paper on Projected Energy Consumption for the Department of the Environment, Transport and the Regions, 2001.
- Faramarzi, R. e Kemp. K., Testing the old with the new, Engineered Systems (May), nº 52, 1999.
- Faramarzi, R., Analyzing air curtain performance in a refrigerated display case, Seminar, ASHRAE Annual Meeting (June). Minneapolis, 2000.
- Faramarzi, R., Effects of improper product loading on the performance of an open vertical meat display case, ASHRAE Transactions 109(1), 2003.
- Faramarzi, R., Efficient display case refrigeration, ASHRAE Journal, vol. 41, nº 11, November 1999.
- Faramarzi, R., Showcasing energy efficient emerging refrigeration technologies, ET SUMMIT 2004 - Emerging Technologies in Energy Efficiency, San Francisco, USA, October, 2004.
- FDA - Food and Drug Administration, Food Code, U.S. Department of Health and Human Services, Washington, D.C., 2001.
- Flannick, J.A., Stamm, R.H., Calle, M.M. e Gomolla, J.C., An electric utility's adventures in commercial refrigeration, Heating/Piping/Air Conditioning Journal, October, 1994.
- Freedonia, Commercial Refrigeration Equipment to 2008, The Freedonia Group, Inc., September, 2004.
- Freedonia, World Commercial Refrigeration Equipment to 2008, The Freedonia Group, Inc., January, 2005.
- Gas Research Institute, Investigation of relative humidity impacts on the performance and energy use of refrigerated display cases, Chicago, 2000.
- Gaspar, P.D. e Pitarna, R.A., CFD Codes efficiency case study: Ability to perform numerical simulations in the refrigerated compartment of a foodstuff transportation vehicle. 9th International Conference on Air Distribution in Rooms – ROOMVENT 2004, Coimbra, Setembro, 2004.



- Gaspar, P.D. e Pitarma, R.A., Evaluation of CFD codes by comparison of numerical predictions of an air-conditioned room case study, 8th International Conference on Advanced Computational Methods in Heat Transfer, Lisbon, Portugal, March, 2004.
- Gaspar, P.D., Estudo numérico e experimental do desempenho térmico de equipamentos expositores refrigerados, Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Julho, 2002.
- Gaspar, P.D., Barroca, R.F. e Pitarma, R.A., Performance evaluation of CFD codes in building energy and environmental analysis, Building Simulation 2003, Eindhoven, Holand, August, 2003.
- Gaspar, P.D., Miranda, A.B. e Pitarma, R.A., Estudo comparativo do desempenho de códigos de DFC na modelação de equipamentos de refrigeração abertos, VII Congresso de Mecânica Aplicada e Computacional, Évora, Portugal, 2003.
- Gaspar, P.D., Pitarma, R.A. e Gonçalves, L.C.C., Influência das condições ambientais no desempenho térmico e energético de expositores refrigerados, Engenharia '2005 – Inovação e Desenvolvimento. Universidade da Beira Interior, Covilhã, Novembro, 2005.
- Howell, R.H., Calculation of humidity effects on energy requirements of refrigerated display cases, ASHRAE Transactions 99(1), 1993.
- Howell, R.H., Effects of store relative humidity on refrigerated display case performance, ASHRAE Transactions 99(1), 1993.
- IIR – Billard, F. e Dupont, J.-L., Industry as a partner for sustainable development - Refrigeration, Ed. by International Institute of Refrigeration – IIR, Final Report prepared for UNEP - United Nations Environment Programme, International Institute of Refrigeration, Paris, France, 2002.
- IIR, Statement by the IIR, Sixth Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change, The Hague, Netherlands, November, 2000.
- Incropera, F.P. e DeWitt, D.P., Fundamentals of heat transfer and mass transfer – 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1996.
- JORDÃO Cooling Systems®, Manual do Instalador, 3^a Edição, JORDÃO Cooling Systems®, 2000.
- Komor, P., Fong, C., e Nelson, J., Delivering energy services to supermarkets and grocery stores, E Source, Boulder, CO, 1998.
- Miranda, P.M.A., F.E.S. Coelho, A.R. Tomé, M.A. Valente, A. Carvalho, C. Pires, H.O. Pires, V.C. Pires, e C. Ramalho, 20th century Portuguese Climate and Climate Scenarios, in Santos, F.D., K. Forbes, and R. Moita (eds), 2002, Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures (SIAM Project), Gradiva, 2002.
- Modest, M.F., Radiative heat transfer, McGraw-Hill, Inc., U.S.A., 1993.
- Pitarma, R.A., Modelação matemática e experimental de câmaras frigoríficas de veículos, Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Abril 1998.
- Scrine, G.R., Refrigerated vehicles – what next, International Journal of Refrigeration, vol. 9, 1986





02

Índice Remissivo

A

Amoníaco	044
Anti-embaciamento	049
Armazenamento	020
Armazéns refrigerados	032
Azoto	046

C

Cais de carga	030
Cais de descarga	030
Canais de distribuição	015
Capacidade de refrigeração	048
Carga das resistências de anti-embaciamento	099
Carga latente	100
Carga térmica de armazenamento	097
Carga térmica devido à respiração dos produtos	097
Carga térmica do mecanismo de descongelação	098
Carga térmica dos produtos alimentares	089, 097
Carga térmica por infiltração de ar ambiente	089, 092
Carga térmica por radiação térmica	089, 094
Carga térmica por transmissão	089
Carga térmica total	099
Cargas térmicas internas	089, 097
Carne	079
Cash & carry	015
Centros de armazenamento	015
Ciclo de Carnot	048



Ciclo de refrigeração	044, 048, 051
Ciclo real	055
Compressor	044
Condensador	049
Condições ambiente	110
Condução térmica	112
Condutividade térmica	047
Congelação	098
Congelados	081
Consumidor	
- Atitude do consumidor	018
Consumo energético	062
Controlo do sistema de refrigeração	114
Cortina de ar	070
Cortina de ar simples	073
Cortina de ar tripla	075
Custo	048, 115
D	
Descongelação	098, 113
Desempenho térmico	107
Destruição do ozono	048
Detectabilidade	048
Dióxido de carbono	046
Distribuição	
- Distribuição alimentar	015
- Distribuição moderna	015
- Grande distribuição	015
E	
Efeito de refrigeração	112
Entalpia	047, 052
Entalpia de vaporização	047
Entropia	049, 052
Equipamentos de refrigeração	061



Espumas de isolamento	036
Estabilidade	047
Evaporador	044
Expositores horizontais	066
Expositores verticais	066
F	
Fluidos frigorigéneos	043
G	
Gás quente	099
Gelados	081
Grandes superfícies	015
H	
Hipermercados	015
Hortofrutícolas	081
I	
Ilhas	066
Inflamabilidade	048
Instalação eléctrica	035
Isolamento	036
Isolamento rígido	036
L	
Lactínios	077
Layout	028
Localização	027
Lojas de discount	015
M	
Mangas	030
Medidas de controlo	020, 021
Murais	066



P	
Painéis de isolamento	036
Painéis isolados	036
Paredes	033
Pavimentos	032
Perigos	021
Permutadores de calor	114
Poliestireno	036
Poliuretano	036
Ponto de venda	
Portas	034
Potencial de redução do consumo energético	065
Pressão de saturação	047
R	
R12	045
Radiação térmica	112
Refrigeração	048
Refrigerantes	043
Resistência térmica	037
Resistência térmica condutiva	091
Resistência térmica convectiva	092
Resistência térmica radiativa	091
Resistências eléctricas	099
Retardador de vapor	032
S	
Segurança alimentar	107, 115
Serpentina	112
Solubilidade	047
T	
Tectos	034
Temperatura crítica	047
Temperatura de fusão	047

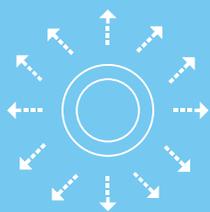


Toxicidade	048
Transferência de calor	112
Transporte	020

V

Válvula de expansão	049, 051, 113
Vapor de água	110
Ventilador	051
Vitrinas	066
Volume específico	047





Glossário

02

Capacidade de refrigeração – Medida do poder de arrefecimento disponível. Taxa de calor removido à fonte fria.

Carga térmica devido à respiração dos produtos – Calor gerado associado ao processo de respiração que tende a aumentar a temperatura do produto e leva à transpiração pela pele dos alimentos para o equipamento expositor refrigerado.

Carga térmica do equipamento – Calor criado pelos diversos mecanismos que controlam e implementam o processo de sistema de refrigeração.

Carga térmica por infiltração de ar – Calor associado à entrada de ar ambiente, pela cortina de ar no espaço refrigerado do expositor.

Carga térmica por radiação térmica – Carga térmica associada à radiação dos meios.

Carga térmica por transmissão – Componente sensível dos ganhos de calor que se referem à transmissão de calor através dos materiais que constituem a estrutura de um equipamento expositor refrigerado.

Cargas térmicas internas – Calor dissipado pela iluminação e pelo(s) motor(es) de ventilação, entre outros sistemas do equipamento geradores de calor.

Compressor – Equipamento destinado a aumentar a pressão de um gás ou escoamento gasoso.

Condensação – Passagem do estado gasoso ao estado líquido.

Condensador – Equipamento destinado a permitir que o fluido frigorífero comprimido, no estado gasoso, dissipe calor para um fluido que constitui o meio externo.

Cortinas de ar – Dispositivos utilizados em aplicações comerciais e industriais para confinar e preservar espaços contíguos, com ambientes térmicos distintos, cujos acessos devem ser mantidos abertos por razões operacionais e/ou comerciais.

Efeito refrigerante – Calor removido à fonte fria por unidade de massa de fluido refrigerante.

Evaporador – Equipamento destinado a permitir que o fluido frigorífero receba calor do meio que se pretende arrefecer.

First-in, first-out – FIFO – O primeiro a entrar é o primeiro a sair.

Fluidos frigoríferos – Substância utilizada no sistema de compressão de vapor. Substâncias utilizadas para a transferência de calor nos sistemas de refrigeração.

Fluidos refrigerantes – Substância que absorve calor de outras substâncias do ambiente a ser refrigerado.

Hidrocarboneto – Compostos orgânicos constituídos somente por carbono e hidrogênio.



Higrostat – Dispositivo de controlo da humidade.

Números de Reynolds – O número de Reynolds, Re , é um número adimensional que permite caracterizar o escoamento de um fluido.

Ponto de congelação – Temperatura à qual ocorre a congelação do produto.

Pressostato – Dispositivo de controlo de pressão.

Racks – Estantaria dos armazéns.

Refrigeração – Transferência de energia (na forma de calor), de um corpo frio para um corpo quente, pela aplicação de trabalho externo (calor). A refrigeração consiste num processo de arrefecimento de uma substância e manutenção desta a temperatura inferior à da temperatura atmosférica normal.

Resistência Térmica – Resistência de um material à transferência de calor.

Resistência térmica condutiva – Resistência térmica associada à transferência de calor por condução.

Resistência térmica convectiva – Resistência térmica associada à transferência de calor por convecção.

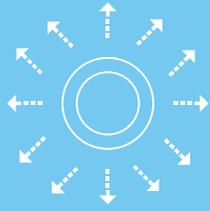
Resistência térmica radiativa – Resistência térmica associada à transferência de calor por radiação.

Retardador de Vapor – Material que reduz a difusão do vapor de água.

Temperatura do ponto de orvalho – Temperatura para a qual o vapor de água contido numa massa de ar com determinada humidade absoluta e pressão, condensa.

Termóstato – Dispositivo de controlo de temperatura.

Válvula de expansão – Equipamento destinado a permitir o controlo do caudal de fluido frigorigéneo condensado ao evaporador, servindo assim como órgão de separação entre a zona de pressão mais elevada e a zona de pressão mais baixa do circuito frigorífico de compressão de vapor.



Abreviaturas

02

- AVAC – Aquecimento, ventilação e ar condicionado
- CFC – Clorofluorcarboneto
- CFD – *Computational Fluid Dynamics*
- COP – *Coefficient of performance*
- C_p – Calor específico
- e – Cota
- E – Emitância total
- EDI – *Electronic Data Interchange*
- F – Factor de forma
- FBP – Factor de bypass
- FC – Factor de contacto
- FDA – *Food and Drug Administration*
- g – Aceleração da gravidade
- G - Radiação
- GWP – *Global Warming Potential*
- H – Altura
- h - Entalpia
- HCFC - Hidroclorofluorcarbonetos
- h_{conv} – Coeficiente convectivo de transmissão de calor
- HFC – Hidrofluorcarbonetos
- h_{fg} – Calor latente de vaporização da água
- I – Consumo energético
- J – Radiosidade
- LCCP – *Life Cycle Climate Performance*
- m - Massa
- m_e – Massa à entrada
- m_s – Massa à saída



ODP – *Ozone Depleting Potential*

p – Pressão

Q - Calor

Q_{lum} – Calor dissipado pela iluminação

Q_{rad} – Calor radiante

Q_{vent} – Calor dissipado pela ventilação

R – Resistência térmica

R11 – Triclorofluorometano

R113 - Trifluorotricloroetano

R1150 - Etileno

R12 – Diclorodifluorometano

R1270 – Propileno

R134a - Tetrafluoretano

R170 – Etano

R290 – Propano

R50 - Metano

R600 - Butano

R600 – n-Butano

R702a – Hidrogénio

R717 – Amoníaco

R718 - Água

R720 – Neon

R728 – Azoto

R729 – Ar

R744 – Dióxido de carbono

$R_{t,cond}$ – Resistência térmica condutiva

$R_{t,conv}$ – Resistência térmica convectiva

s – Entropia

T – Temperatura

t - Tempo

TEWI – Total Equivalent Warming Impact

U – Coeficiente de transmissão de calor global

V – Volume

VC – Volume de controlo

w – Potência



W – Trabalho

\dot{V} – Caudal volumétrico

ω - Humidade absoluta

ρ – Massa específica

ε – Emissividade

η_{th} – Eficiência térmica

σ – Constante de Stefan-Boltzmann

