

*COMPUTATIONAL ENERGY*

*SAVING SOLUTIONS*



# *Perda de Peso em Carcaças*

### Introdução

A perda de peso em carcaças é um problema de grande importância para indústrias do ramo de frigoríficos por representar, em média, uma quebra de produção que pode variar de 1% até próximo de 3,0% para um intervalo de 24h, podendo em alguns casos ser até maior. A causa desse empecilho está diretamente ligada ao processo de resfriamento na qual a carne passa até atingir a sua temperatura pré-estabelecida de modo a atender as normas vigentes.

A quebra de peso se dá devido a evaporação de água da carne em função de existir diferenças entre os valores de pressão de vapor do ar refrigerado da câmara e da carcaça. Diante desse contexto, é de extrema importância utilizar estratégias e parâmetros operacionais otimizados de modo a evitar ao máximo a perda peso durante o processo de resfriamento dos produtos. As principais variáveis que devem ser levadas em conta nesse procedimento são:

- ❄ Velocidade do ar dentro do ambiente refrigerado;
- ❄ Umidade relativa do ar refrigerado;
- ❄ Temperatura do ar dentro da câmara refrigerada;
- ❄ Espaçamento entre carcaças;
- ❄ Tempo de rebaixamento de temperatura do produto em um determinado ambiente.

Dessa forma, é possível determinar uma estratégia com objetivo de definir por qual tipo de ambiente o produto passará (choque térmico, câmara de resfriamento e câmara de equalização) e também as suas respectivas condições operacionais que serão usadas, com intuito de garantir um resfriamento da forma mais efetiva possível, que envolvam ainda características física da carne (cor e encolhimento) e biológicas (proliferação de microrganismos).

### Processo de Resfriamento das Carcaças

O início do processo de resfriamento é de grande importância para o valor total de água que evapora da carcaça, pois é nesse momento onde há as maiores diferenças entre as pressões de vapor da superfície da carne e a do ar da câmara. Assim, nas primeiras horas ocorre uma evaporação mais acelerada de água por justamente existirem maiores diferenças entre as pressões de vapor. Em seguida, à medida que se sucede a redução da temperatura da superfície da carne a taxa de perda de peso na carcaça começa a reduzir até praticamente se estabilizar após um período de tempo. A figura 1 apresenta a curva de resfriamento em diferentes pontos de uma carcaça bovina. Na figura 2 é possível observar o comportamento da pressão de vapor anteriormente explicada. Durante as primeiras horas de resfriamento há gradientes mais elevados de redução da pressão de vapor que impactam diretamente no peso da carcaça. Com isso, é possível constatar que as primeiras 4h-6h são as mais importantes no processo de resfriamento, visto que nesse

intervalo de tempo é quando há a maior parcela de perda de peso requerendo, assim, maior atenção por parte dos parâmetros operacionais e estratégias a serem utilizadas. Após 24h de resfriamento é evidenciado que a quebra de peso é muito pequena.

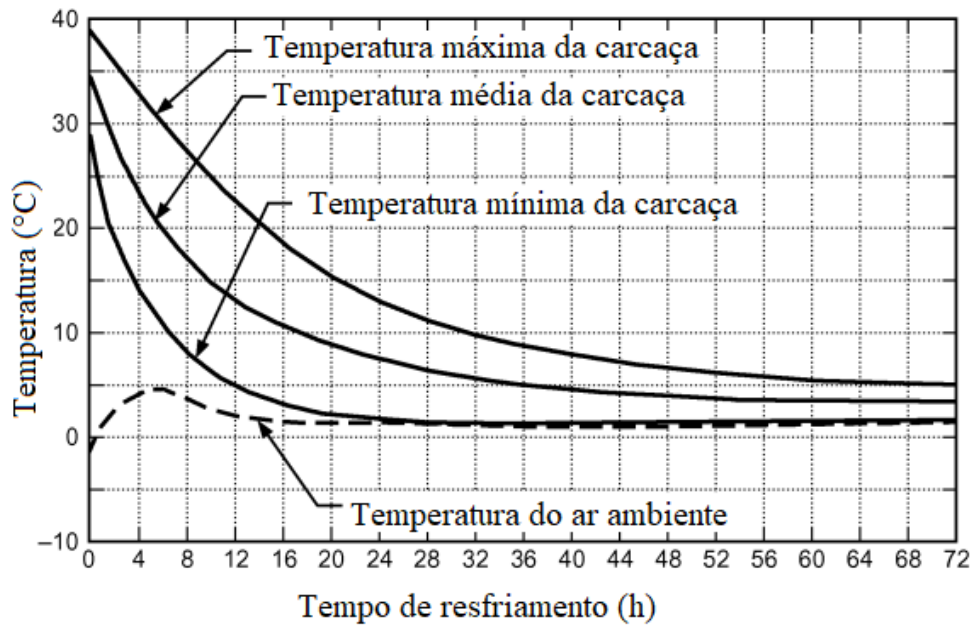


Figura 1: Curva de resfriamento de carcaça bovina.  
Adaptado de ASHRAE (2006)

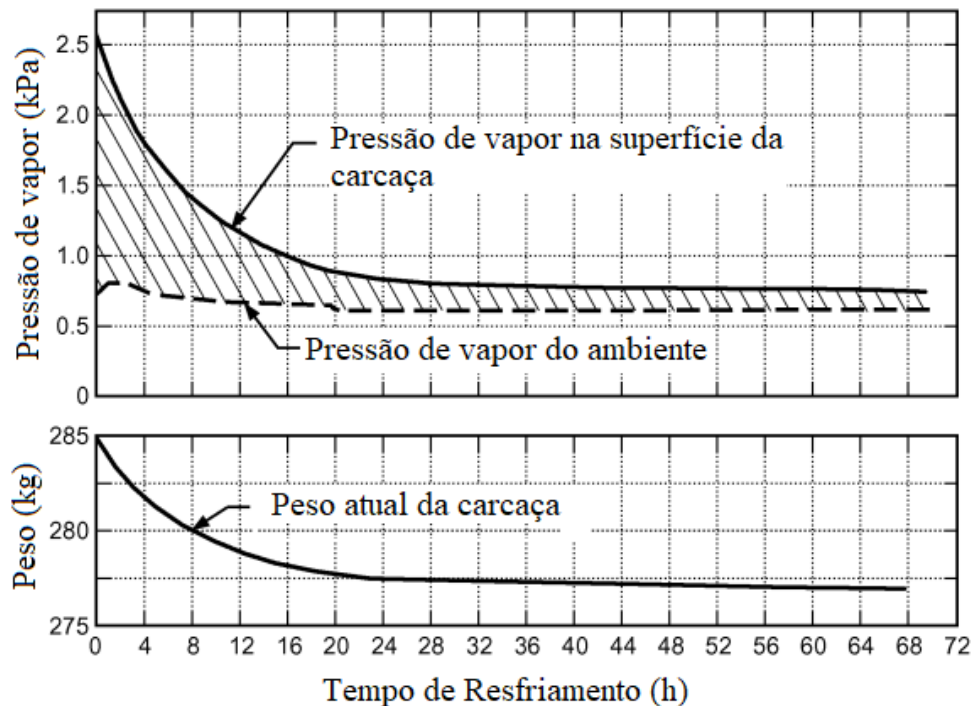


Figura 2: Variação da pressão de vapor e perda de peso de carcaça bovina com o tempo.  
Adaptado de ASHRAE (2006)

## **Parâmetros Operacionais de Ambientes Refrigerados**

O controle otimizado de parâmetros operacionais de ambientes refrigerados para o resfriamento de carcaças se caracteriza por ser um tópico de grande complexidade. Esse cenário se dá diante da fenomenologia física do problema que envolve escoamentos turbulentos com mudança de fase. Além disso, os parâmetros operacionais citados anteriormente possuem relações diretas entre si e se caracterizam por terem um ponto de ótimo, como será detalhado posteriormente.

Velocidade do ar dentro do ambiente refrigerado: esse parâmetro possui grande importância na transferência de calor e massa de forma convectiva entre o ar ambiente e a superfície da carcaça. Quanto menor a velocidade do ar, maior é o tempo necessário para a redução de temperatura e menor é a taxa de evaporação de água do produto. Contudo, como visto anteriormente uma redução de temperatura lenta no início é prejudicial, devido nas primeiras horas ocorrer a maior perda de peso da carcaça por diferença de pressões de vapor. Por outro lado, velocidades excessivamente elevadas podem não só propiciarem necessariamente maior velocidade na redução de temperatura como também aumentar os custos iniciais da instalação e operacionais de consumo de eletricidade.

Umidade Relativa do ar: diversos estudos demonstram que a umidade relativa dentro do ambiente refrigerado é um dos principais fatores que influenciam a perda de peso. De um modo geral, quanto maior a umidade relativa, menores são as quebras de produção. Porém, umidades muito elevadas podem ocasionar a condensação de umidade sobre a carcaça o que facilita a proliferação de microrganismos no produto.

Temperatura do ar dentro da câmara refrigerada: esse parâmetro possui grande importância na transferência de calor e massa de forma convectiva entre o ar ambiente e a superfície da carcaça. Quanto menor a temperatura mais rapidamente é possível rebaixar a temperatura da carcaça o que se caracteriza por ser um aspecto muito positivo, principalmente, para as primeiras horas de processo. Contudo, quanto menor a temperatura do ar menor é a sua capacidade de reter vapor de água e, conseqüentemente, menor é o conteúdo de umidade no interior da câmara, promovendo maiores perdas de peso. Além disso, menores temperatura ocasionam maior formação de gelo nos evaporadores necessitando realizar um maior número de degelos para garantir valores adequados de eficiência de troca térmica.

Espaçamento entre carcaças: o espaçamento entre carcaças é vital para que o ar refrigerado consiga entrar em contato com a superfície da carcaça e assim ocorrer a transferência de calor. Espaçamentos muito pequenos não permitem uma movimentação

turbulenta adequada do ar ao longo de toda a superfície do produto, impactando diretamente na qualidade da carne (diante do aspecto de partes do produto ficarem com temperaturas elevadas por mais tempo favorecendo a proliferação de microrganismos) e também a perda de peso. Porém, espaçamentos demasiadamente grandes não só não contribuem com o processo de resfriamento como também reduzem a capacidade de produção do ambiente refrigerado.

Tempo de rebaixamento de temperatura do produto em um determinado ambiente: estudos demonstram que como cada ambiente possui suas características específicas é vantajoso utilizar diferentes tipos de ambientes de modo a potencializar os benefícios de cada um e, com isso, garantir um menor percentual de quebra de peso. Assim, é necessário determinar os tempos ótimos que cada produto deve ficar dentro de cada tipo de câmara com objetivo de potencializar os resultados desejados.

### **Conclusão**

Devido à grande complexidade existente em relação ao problema em questão, uma estratégia que possui grande potencial para buscar soluções que reduzam a perda de peso em carcaças é o uso de medições criteriosas in loco para a criação de modelos matemáticos representativos do processo com intuito de realizar estudos analíticos e com simulações computacionais confiáveis. Diante do grande número de variáveis existentes e das suas relações entre si, se torna inviável efetuar apenas estudos experimentais por demandarem um alto custo tanto monetário como um elevado tempo para obtenção de resultados conclusivos que levem a estratégias que reduzam efetivamente estas quebras de peso. Por outro lado, após a validação em campo dos modelos matemáticos é possível realizar uma série de alterações nos parâmetros operacionais de modo a encontrar os valores ótimos, de maneira muito mais rápida e com menores custos. Estes parâmetros e estratégias ótimas de operação, aliadas a lógicas de programação e sistemas de controle inteligentes garantirão os menores valores de perda de peso dos produtos, potencializando os lucros e competitividade de mercado.

### **Referências**

ASHRAE handbook. Refrigeration. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating And Air-Conditioning Engineers; 2006.