



## Análise térmica de um tanque de escaldagem para depenação de aves

Arianne Angélica Alves<sup>1</sup> – [alvesarianne@outlook.com](mailto:alvesarianne@outlook.com)  
Brenner Bressan de Lima<sup>1</sup> – [brennerbres@hotmail.com](mailto:brennerbres@hotmail.com)  
Gabriel Novoli Cazula<sup>1</sup> – [gabrielnovoli@hotmail.com](mailto:gabrielnovoli@hotmail.com)  
Fernando Rodrigo Moro (Orientador)<sup>2</sup> – [frmoro2@uem.br](mailto:frmoro2@uem.br)  
Ricardo Toshiyuki Kato (Orientador)<sup>1</sup> – [ricardo.kato@ifpr.edu.br](mailto:ricardo.kato@ifpr.edu.br)

1 – Instituto Federal do Paraná – IFPR Paranavaí  
2 – Universidade Estadual de Maringá - UEM

**Resumo:** No processo de depenação dos frangos realizado nos abatedouros de aves, é muito comum a utilização dos tanques de escaldagem. O processo consiste basicamente em submergir o frango em água aquecida, que se encontra em torno de 60°C, de modo a facilitar o processo de depenação. Assim, o presente artigo consiste em apresentar uma análise térmica do atual processo implantado no Frigorífico Avenorte, no qual, o aquecimento da água do tanque de escaldagem ocorre através da mistura direta da água, à temperatura ambiente, com o vapor saturado proveniente da caldeira. A mistura ocorre diretamente no tanque de escaldagem, que não é isolado termicamente.

**Palavras-chave:** Escaldagem. Térmica. Caldeira. Vapor.

### 1. Introdução

A escaldagem consiste na imersão das aves em tanques com água aquecida, que provoca a abertura dos folículos da pele onde estão fixas as penas. Assim que deixam os tanques passam por depenadeiras, que consistem em mancais de pratos com dedos de borracha girando em alta velocidade e retirando as penas (KLASSEN, 2008).

O frango vem dependurado por um gancho que percorre um trilho em formato de T, este sistema é conhecido como Trolley. O Trolley apresenta múltiplos passes no interior do tanque de escaldagem, de modo a reduzir os espaços físicos ocupados por este processo.

Neste sistema o vapor saturado que entra da parte inferior do tanque de escaldagem mistura diretamente com a água que vem do sistema de renovação de água. Assim com a passagem do frango e a perda de calor para o ambiente, a temperatura da água se estabiliza em torno de 60°C.

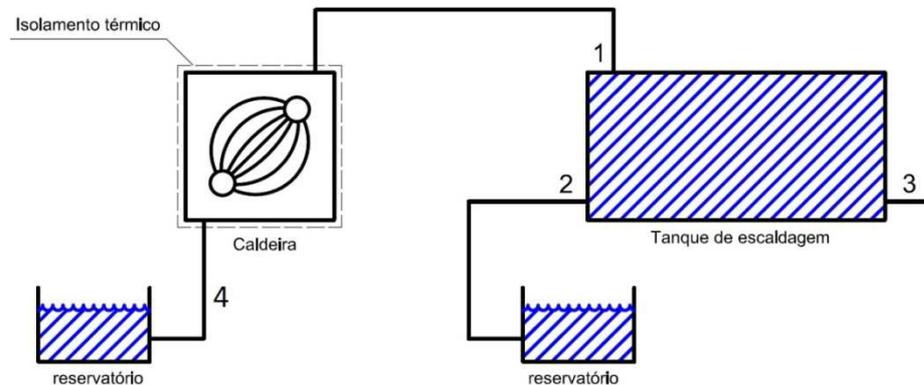
A temperatura ambiente onde se localiza o tanque de escaldagem é de aproximadamente 30°C, o tanque não é isolado termicamente, ocorrendo assim, grande perda de calor da água aquecida, seja pela passagem do frango que se encontra a uma temperatura de aproximadamente 37°C na entrada do tanque de escaldagem ou pela perda de calor para o ambiente.

### 2. Materiais e métodos

A Figura 2.1 apresenta um esquema básico do atual sistema que esta operando para o processo de depenação do frango que foi implementado no Frigorífico Avenorte. Neste sistema, pode-se verificar que o vapor saturado proveniente da caldeira (ponto 1) é misturado

diretamente com a água líquida (ponto 2) a ser utilizada no processo.

Figura 2.1 – Esquema processo atual.



Fonte: Autor, 2015.

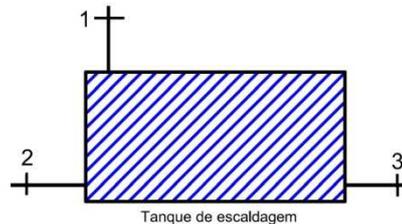
Foram considerados os seguintes dados iniciais:

- Temperatura ambiente de aproximadamente 303K e pressão ambiente de 1 bar;
- No ponto 1: vapor saturado a uma pressão de 7 bar, com temperatura de saturação de 438K e vazão mássica de 0,21 kg/s;
- No ponto 2: água líquida a uma pressão de 1 bar, a uma temperatura de 293K e vazão mássica de 0,70 kg/s;
- No ponto 3: água líquida a uma pressão de 1 bar, a uma temperatura de 333K e vazão mássica de 0,91 kg/s;
- No ponto 4: água líquida a uma pressão de 1 bar, a uma temperatura de 298K e vazão mássica de 0,21 kg/s.

### 2.1 Volume de controle – Tanque de escaudagem

Para uma análise térmica de todo o processo, primeiramente, considera-se o volume de controle sendo o tanque de escaudagem, como apresentado na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Volume de controle no tanque de escaudagem.



Fonte: Autor, 2015.

Considerando que o sistema opera em regime permanente, pode-se calcular o balanço de massa para o volume de controle apresentado. Verifica-se que os pontos 1 e 2 referem-se a entrada de vapor saturado e água líquida respectivamente, e o ponto 3 à saída de água líquida. Assim o balanço de massa pode ser expresso pela Equação 2.1.

$$\frac{dm}{dt} = \sum \dot{m}_e - \sum \dot{m}_s = 0 \rightarrow \dot{m}_3 = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 \quad (2.1)$$

Efetuando o balanço de energia para o volume de controle apresentado, pode-se

determinar a quantidade de calor total perdida pela água presente no tanque de escaudagem devido à passagem do frango no tanque e ainda pela perda de calor para o ambiente. O balanço de energia para o volume de controle exposto é dado pela Equação 2.2.

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_1 \left( h_1 + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 \right) + \dot{m}_2 \left( h_2 + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \right) - \dot{m}_3 \left( h_3 + \frac{V_3^2}{2} + gz_3 \right) \quad (2.2)$$

Considerando que o sistema opera em regime permanente e que o volume de controle apresentado não realiza trabalho, e as energias cinéticas e potenciais são desprezíveis, pode-se isolar a quantidade de calor total perdido no tanque de escaudagem, obtendo a Equação 2.3.

$$\dot{Q} = -\dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_3 h_3 \quad (2.3)$$

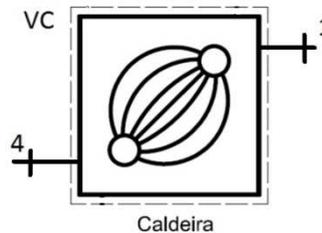
Contudo é importante determinar a fração de calor que é absorvido somente pela passagem do frango no tanque e a fração de calor perdida para o ambiente. A quantidade de calor absorvido pelo frango durante a passagem no tanque de escaudagem pode ser determinado pela Equação 2.4.

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T \quad (2.4)$$

## 2.2 Volume de controle – Caldeira

Para a análise da quantidade de combustível consumido pela caldeira, para atender a demanda de vapor saturado necessário para manter este processo, considera-se o volume de controle como sendo a caldeira, como apresentado na Figura 2.3.

Figura 2.3 – Volume de controle na caldeira



Fonte: Autor, 2015.

Considerando que o sistema opera em regime permanente e que o ponto 4 refere-se a entrada de água líquida, e o ponto 1 à saída de vapor saturado, o balanço de massa pode ser escrito de acordo com a Equação 2.5.

$$\frac{dm}{dt} = \sum \dot{m}_e - \sum \dot{m}_s = 0 \rightarrow \dot{m}_1 = \dot{m}_4 \quad (2.5)$$

Efetuando o balanço de energia para o volume de controle apresentado, pode-se determinar a quantidade de calor que deve ser fornecido para a água líquida com as características apresentadas no estado 4, para que atinja as condições de vapor saturado conforme indicado no estado 1. Desse modo, o balanço de energia para o volume de controle pode ser escrito como mostrado na Equação 2.6.

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_4 \left( h_4 + \frac{V_4^2}{2} + gz_4 \right) - \dot{m}_1 \left( h_1 + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 \right) \quad (2.6)$$

Considerando que o volume de controle apresentado não realiza trabalho, e que as

energias cinéticas e potenciais são desprezíveis, e por fim, isolando a quantidade de calor absorvida pela caldeira ( $Q_C$ ) e utilizando a relação estabelecida pela Equação 2.5, a Equação 2.6 pode ser reescrita como expressado na Equação 2.7.

$$\dot{Q}_C = -\dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_1 h_1 = \dot{m}_1 (h_1 - h_4) \quad (2.7)$$

A quantidade de calor que o combustível ( $Q_{comb}$ ) deve fornecer para aquecer a água líquida a uma temperatura de 25°C e pressão de 1 bar, até atingir o estado de vapor saturado a temperatura de 165°C a uma pressão de 7 bar, pode ser calculado de acordo com o rendimento da caldeira, através da Equação 2.8.

$$\eta = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_{Comb}} \quad (2.8)$$

Calculado a quantidade de calor fornecido pelo combustível e conhecendo o seu poder calorífico inferior (PCI), determina-se a vazão mássica de lenha necessária para aquecer a água utilizando a Equação 2.9.

$$\dot{Q}_{Comb} = \dot{m} \times PCI \quad (2.9)$$

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1 Volume de controle – Tanque de escaldagem

Segundo Moran (2002), de acordo com as condições de temperatura e pressão apresentadas nos dados iniciais, têm-se os seguintes valores de entalpia, apresentados na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 – Valores de vazão e entalpia para o tanque de escaldagem**

	Vazão mássica ( $\dot{m}$ )	Entalpia (h)
Entrada de vapor saturado (ponto 1)	0,21 kg/s	2.763,5 kJ/kg
Entrada de água líquida (ponto 2)	0,70 kg/s	83,96 kJ/kg
Saída de água líquida (ponto 3)	0,91 kg/s	251,13 kJ/kg

Fonte: Autor, 2015.

Substituindo os valores da Tabela 3.1 na Equação 2.3, tem-se que o valor da quantidade de calor perdido no tanque de escaldagem é de 410,6 kW.

Sabendo que o frango entra no tanque de escaldagem a uma temperatura de aproximadamente 37°C e sai a uma temperatura média de 45°C (temperatura medida no peito do frango), e ainda, considerando uma produção de abate de aproximadamente 14.000 frangos por hora, sendo que cada frango pesa em média 2,80 kg, tem-se uma vazão mássica de frango de 10,9 kg/s. Assim, é possível determinar a quantidade de calor que a água presente no tanque de escaldagem perde somente pela passagem do frango.

O calor específico da carne de frango é de 3,32 kJ/kg °C. Utilizando a Equação 2.4, calcula-se que a perda de calor da água do tanque pela passagem do frango é de 289,5 kW.

Assim, da quantidade de calor total perdido pela água presente no tanque de escaldagem (410,6 kW) sabe-se que 289,5 kW provêm da passagem do frango, conseqüentemente, o restante de 121,1 kW, é perdido para o ambiente.

#### 3.2 Volume de controle – Caldeira

Segundo Moran (2002), de acordo com as condições de temperatura e pressão

apresentadas nos dados iniciais, têm-se os seguintes valores de entalpia, apresentados na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2 – Valores de vazão e entalpia para a caldeira.**

	<b>Vazão mássica (<math>\dot{m}</math>)</b>	<b>Entalpia (h)</b>
Saída de vapor saturado (ponto 1)	0,21 kg/s	2.763,5 kJ/kg
Entrada de água líquida (ponto 4)	0,21 kg/s	104,89 kJ/kg

Fonte: Autor, 2015.

Substituindo os valores da Tabela 3.2 na Equação 2.7, tem-se que o valor da quantidade de calor absorvido pela caldeira, ou seja, o calor necessário para aquecer a água líquida até o seu estado de vapor saturado é de 558,3 kW.

Considerando o rendimento da caldeira de 85%, substituem-se os valores na Equação 2.8 determina-se a quantidade de calor necessário que o combustível deve fornecer para o aquecimento da água, sendo de 656,8 kW.

Como o combustível utilizado é a lenha, e considerando que a lenha utilizada possui umidade de aproximadamente 40%, tem-se que o seu poder calorífico inferior é de 10.965 kJ/kg. Assim, é possível determinar a vazão mássica de lenha necessária para aquecer a água utilizando a Equação 2.9. Obtendo uma vazão de 0,06 kg/s ou 216 kg/h.

#### 4. Conclusões

Da análise térmica realizada em todo o processo de depenação do frango, identificam-se algumas perdas de energia no processo. Como a perda de calor no tanque de escaldagem para o ambiente, que poderia tornar o processo mais eficiente com a utilização de isolamento térmico no tanque, reduzindo assim, a demanda de vapor saturado da caldeira.

Na caldeira é absorvida uma quantidade total de calor de 558,3 kW e o calor total perdido no tanque de escaldagem, seja pela passagem do frango ou pela perda de calor para o ambiente é de 410,6 kW. Ou seja, 147,7 kW são perdidos no descarte da água aquecida a 60°C, não sendo reaproveitado em nenhuma outra parte do processo.

Assim, um próximo estágio seria simular a análise térmica do processo considerando um trocador de calor para aquecimento da água do tanque de escaldagem, podendo reaproveitar o líquido saturado da saída do trocador de calor como o fluido de entrada na caldeira, necessitando assim, de menos energia para a geração de vapor saturado.

#### 5. Referências Bibliográficas

KLASSEN, T. **Uso de redes neurais artificiais para a modelagem da temperatura e da retenção de água no processo de resfriamento de carcaças de frango por imersão.** 2008. 59 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2008.

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios de termodinâmica para engenharia.** 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.