PROPOSTA PARA O REAPROVEITAMENTO DA ENERGIA TÉRMICA DA ÁGUA UTILIZADA NO PROCESSO DE PRÉ-RESFRIAMENTO NO ABATE DE FRANGOS

Daniel Rosa dos Santos[1], Mário Sérgio Bortolato[2], Solange Vandresen[3], Josué Alberton[4]; Glaucea Warmeling Duarte[5]
[1]Unibave/Engenharia de Produção
[2]Unibave/Engenharia de Produção/mariobortolato@hotmail.com
[3]Unibave/Engenharia de Produção/eproducao@unibave/net
[4]Unibave/NUTEC/josue.alberton@hotmail.com
[5]Unibave/NUTEC/nutec@unibave.net

Resumo: *O presente trabalho tem como objetivo, propor a implantação de um equipamento para reaproveitar a energia térmica da água que é utilizada no processo de pré-resfriamento no processo de abate de frangos, em uma agroindústria do sul catarinense. O trabalho foi desenvolvido através da quantificação da energia térmica desperdiçada no processo e a energia elétrica gasta para o resfriamento da água e produção de gelo, os quais são utilizados na etapa de pré-resfriamento das carcaças, visando à redução no consumo de energia elétrica e consequentemente nos custos de produção da empresa. Também foi realizada a análise de retorno do investimento da proposta, através do método payback, VPL e TIR, utilizando os valores do custo de instalação do equipamento e os valores que seriam economizados com a instalação do mesmo. Com os resultados obtidos na análise de retorno do investimento verificou-se a viabilidade da instalação do equipamento para reaproveitar a energia térmica da água, o qual retorna o valor investido no prazo de um ano e onze meses utilizando o método do payback, e em quatro anos e um mês pelo método do VPL e TIR. O trabalho deixa a oportunidade para uma futura pesquisa com a utilização da água pré-resfriada, através do equipamento para recuperar energia térmica ser utilizada nos condensadores evaporativos do sistema de refrigeração, visando uma redução na pressão de descarga dos compressores e consequentemente uma redução no consumo de energia dos mesmos.*

Palavras-Chave: *análise de retorno de investimento, pré-resfriamento, reaproveitamento de energia.*

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Ministério da Agricultura (2014), nas últimas três décadas a avicultura brasileira apresentou altos índices de crescimento. Desta forma o Brasil se tornou o terceiro produtor mundial e líder em exportação, ficando atrás somente dos Estados Unidos e China, respectivamente, em volume de produção.

Atualmente, a carne nacional chega a 142 países e a taxa de crescimento de produção da carne de frango, deve alcançar 4,22% anualmente. Nas exportações, com expansão prevista em 5,62% ao ano, o Brasil deverá continuar na liderança mundial.

Segundo os dados coletados pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2014), as exportações brasileiras de carne de frango entre janeiro e junho de 2014 apresentaram alta de 0,7% em relação ao mesmo período do ano anterior, totalizando 1,902 milhão de toneladas.

A exportação de carne de frango no 2° trimestre de 2014 registrou aumento no volume embarcado e no faturamento na comparação com o trimestre imediatamente anterior (IBGE, 2014). Tendo no 2° trimestre de 2014 o Paraná como o estado brasileiro

que liderou as exportações de frangos para o mercado externo, seguindo-se com Santa Catarina e Rio Grande do Sul, que juntos somaram 71,6% das exportações brasileiras.

Os abatedouros de aves por sua vez são grandes consumidores de água e energia elétrica entre as indústrias de alimentos, devido às normas estabelecidas pela portaria n° 210 de 10 de novembro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) e da Secretaria de Defesa Agropecuária. Estas normas definem o regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves, a qual padroniza os métodos de elaboração de produtos de origem animal no tocante às instalações, equipamentos, higiene do ambiente, esquema de trabalho do serviço de inspeção federal para o abate e a industrialização de aves (BRASIL, 1998).

No Brasil comumente é realizado o pré-resfriamento das carcaças por imersão em água, utilizando resfriadores contínuos, tipo rosca sem fim, popularmente conhecidos como *chillers*. A água utilizada no processo não pode ser recirculada, e a temperatura da mesma no pré-resfriamento não deve ser superior a 4°C. Segundo a portaria n°210/98 do MAPA a renovação de água dos resfriadores contínuos deverá ser constante e em sentido contrário à movimentação das carcaças, na proporção mínima de 1,5 litros por carcaça no primeiro estágio e 1,0 litro no último estágio (BRASIL, 1998). Esta água utilizada no pré-resfriamento normalmente é descartada e/ou utilizada para carregar as vísceras e outras partes dos frangos que não são aproveitadas para produção, onde posteriormente serão utilizadas na fabricação de subprodutos.

Desta forma este trabalho teve como objetivo o estudo de uma proposta de implantação de um equipamento para diminuir o consumo energético do sistema de resfriamento da água, conservando e reaproveitando a energia térmica da água que é descartada nos *chillers* para pré-resfriar a água potável que será utilizada no processo. Para atingir o objetivo geral serão avaliados a quantificação da energia térmica desperdiçada na água utilizada no processo de pré-resfriamento das carcaças de frango, a quantificação do consumo de energia elétrica gasto com o processo de resfriamento da água e produção de gelo e a verificação do retorno do investimento da implantação do equipamento para reaproveitamento da energia térmica da água.

2 METODOLOGIA

Para medir a vazão de água e gelo utilizados nos *chillers*, são utilizados hidrômetros da marca LAO. Para verificar a temperatura da água nos *chillers* durante o processo, existem sensores de temperatura instalados na entrada e saída dos mesmos

com monitoramento e registro de temperatura contínuo. Os sensores são termorresistências do tipo PT100 com faixa de utilização de -200 a +650°C.

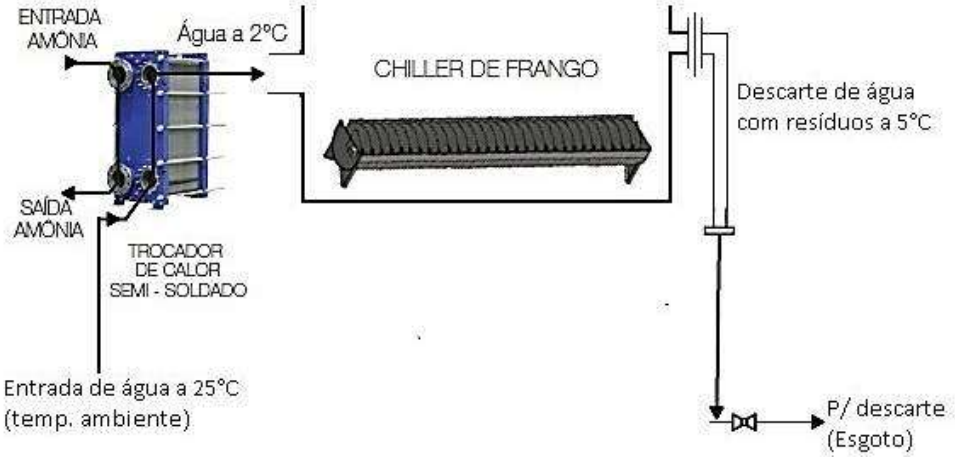
Para a coleta dos dados de temperatura da água nos *chillers* foram realizadas leituras através de um software de monitoramento contínuo da temperatura (termógrafo).

No cálculo da energia térmica (Q) da água desperdiçada no descarte dos chillers foi utilizada a Equação Fundamental da Calorimetria (SILVA, 2010).

Os valores de economia de energia elétrica são calculados com base nos dados técnicos fornecidos pela fornecedora do equipamento, o qual segundo Zanin et. al (2002) a etapa de resfriamento de água é o principal responsável pelo consumo de energia elétrica no sistema de refrigeração correspondendo a mais de 84%.

A figura 01 apresenta o modelo inicial do processo de pré-resfriamento no abate de frangos, onde observa-se que a água é descartada após ter sido utilizada.

Figura 01 – Utilização da água no pré-resfriamento do abate de frangos

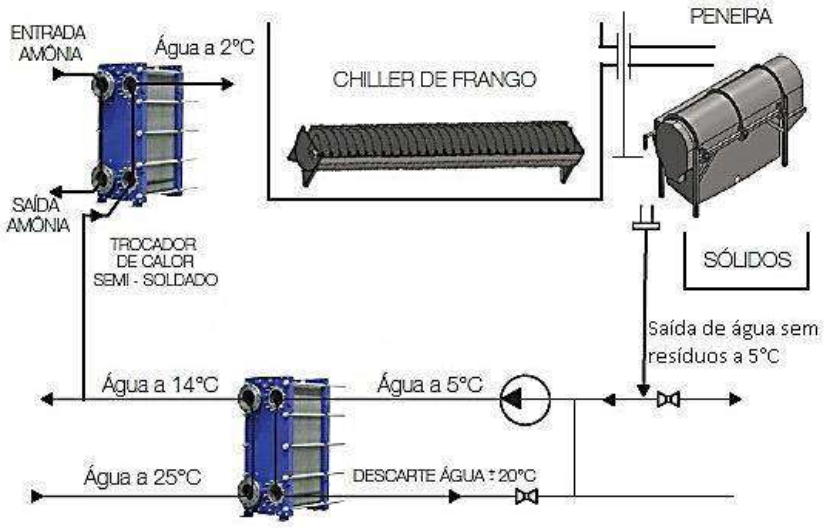


Fonte: Autores, 2016

A figura 02 mostra a proposta de alteração do processo para reaproveitar e realizar o pré-resfriamento da água utilizada no *chiller* de frango. Nesta proposta a água descartada (figura 01) é deslocada até um trocador de calor para que a água seja resfriada com amônia e contribua com a redução dos custos.

O cálculo do *payback* original (simples) foi desenvolvido conforme orienta Kassai (2007) em meses. A depreciação do equipamento se daria em dez anos pelo tempo estabelecido pela Secretaria da Receita Federal para máquinas e equipamentos, mas como se necessita da avaliação do retorno de investimento em cinco anos, será realizada uma depreciação acelerada para fins de cálculo do retorno do investimento pelo método do VPL e TIR, dividindo-se o valor do investimento em cinco anos, visando uma maior criticidade na avaliação do retorno do investimento no projeto.

Figura 02 – Reaproveitamento e pré-resfriamento da água no abate de frangos



Fonte: Autores, 2016

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 01 mostrou o sistema instalado na empresa sem alterações. Após a instalação de um trocador de calor (figura 02) foram realizados os cálculos apresentados neste trabalho.

O abatedouro de frangos a qual a proposta é direcionada utiliza no processo de pré-resfriamento, 4,5 litros de água/frango. Atualmente são abatidos 10.000 frangos/hora, correspondendo a 45.000 litros de água sendo renovado por hora no processo. Sendo que a temperatura final da carcaça no processo não pode ultrapassar 7ºC no interior do músculo. Neste caso, a água é renovada a 2°C por meio da adição de aproximadamente 6 toneladas/hora de gelo em escamas com temperatura média de -5°C.

Para recuperar a energia térmica desperdiçada da água que é descartada durante o processo de renovação nos *chillers*, alguns fabricantes desenvolveram um sistema de recuperação de energia, através da troca de calor entre a água descartada e a água potável utilizada para reposição nos *chillers*.

A água proveniente do descarte dos *chillers* com baixa temperatura é bombeada por uma tubulação que a conduz até uma peneira rotativa, onde as partículas que possam vir suspensas na água ficam retidas. Logo em seguida a água de descarte dos *chillers* entra no trocador de calor a placas onde troca calor com água potável, que está com temperatura ambiente (em média 28°C), gerando um pré-resfriamento na mesma antes de ser finalmente resfriada no trocador de calor a placas água-amônia, o que irá gerar uma redução na quantidade de calor a ser absorvida pelo sistema de refrigeração, enquanto que a água de descarte dos *chillers* ao passar pelo regenerador irá

aumentar sua temperatura ao receber o calor proveniente da água potável que se encontrava em temperatura ambiente antes de passar pelo regenerador de energia.

Para calcular a quantidade de energia elétrica gasta, inicialmente será calculada a carga térmica necessária para o processo, ou seja, o quanto de calor é removido da água para resfriá-la até 2°C e também a quantidade de calor que precisa ser removido para produzir o gelo (tabela 01).

Tabela 01 – Cálculo da carga térmica da água a ser resfriada e da carga térmica para produção de gelo.

Parâmetros Avaliados	Carga térmica resfriamento da água	Carga térmica da produção de gelo
Vazão de água utilizada	39000 l/h	6.000 l/h
Densidade da água	0,9997 kg/l	0,9997 kg/l
Vazão em massa da água	38988,3 kg/h	5.998 kg/h
Variação de temperatura	28 °C - 2 °C = 26°C	28°C - 0°C =28°C
Quantidade de energia a retirar para o resfriamento da água	1.013.696 kcal/h	-
Carga térmica resfriamento da água	-	167.950 kcal/h
Variação de temperatura do gelo	-	0°C – (-5°C) = 5°C
Carga térmica congelamento da água(Q2)	-	494.852 kcal/h
Quantidade de energia a retirar para produção de gelo (Q1+Q2=Qt)	-	662.802 kcal/h

Fonte: Autores, 2016

A diferença no cálculo em relação à carga térmica para o resfriamento da água é somente devido ao fato de que na produção de gelo existe a mudança de fase da água, devendo ser levada em consideração à parcela de calor latente no cálculo. A carga térmica total do processo é de aproximadamente 1.677.000 kcal/h, que devem ser retirados pelo sistema de refrigeração do frigorífico.

Após calcular a carga térmica necessária para o processo de pré-resfriamento das carcaças de frango nos *chillers*, será utilizada a equação da potência consumida pelo compressor frigorífico para chegar ao consumo de energia elétrica para resfriamento da água e produção do gelo utilizados no processo de pré-resfriamento das carcaças de frango. O consumo de energia do processo é de 487.37kW por hora, para retirar a carga térmica atual.

Para realizar o cálculo da economia de energia utilizada na produção das escamas de gelo, estima-se uma redução na temperatura inicial da água de resfriamento em 10ºC (figura 02). Ou seja, com a instalação do trocador de calor foi responsável em diminuir a temperatura da água antes do processo de produção de escamas de gelo para inserção no *chillers*. A tabela 02 apresenta os valores utilizados.

O novo consumo de energia com a carga térmica será menor devido à temperatura mais baixa da água pré-resfriada. Verificasse que a nova potência consumida

no eixo do compressor é 356,59 kWh. Pode-se observar uma redução no consumo de energia na ordem de 26,83%, em relação ao cenário anterior.

Tabela 02 – Carga térmica a ser retirada da água para produção de gelo após pré-resfriamento

Parâmetros Avaliados	Carga térmica a ser retirada da água após pré-resfriamento	Carga térmica da produção de gelo
Vazão de água utilizada (v)	39000l/h	6.000l/h
Densidade da água (d)	0,9997kg/l	0,9997kg/l
Vazão em massa da água (m)	38988,3kg/h	5.998kg/h
Variação de temperatura (ΔT)	2°C - 18°C = -16°C	0°C - 18°C = -18°C
Quantidade de energia a retirar para o resfriamento da água (Q)	623.813kcal/h	-
Carga térmica resfriamento da água (Q1)	-	107.968kcal/h
Variação de temperatura do gelo (ΔTg)	-	-5°C - 0°C = -5°C
Carga térmica congelamento da água(Q2)	-	494.852kcal/h
Quantidade de energia a retirar para produção de gelo (Q1+Q2=Qt)	-	602.820kcal/h

Fonte: Autores, 2016

O custo para instalação do equipamento para regenerar a energia da água que é descartada dos *chillers* é de R$ 400.000. Em uma comparação da situação do processo atual, com a alternativa proposta de instalação do regenerador, tem-se uma economia de energia de 130,88 kWh, devido à redução das parcelas de carga térmica dos trocadores de calor e dos geradores de gelo ao serem alimentados utilizando a água com a temperatura de 10°C mais baixa do que na condição atual, tendo uma parcela adicional de 5,88 kWh devido à instalação de uma peneira rotativa junto ao regenerador e uma bomba para compensar a perda de carga da água ao passar pelo mesmo, totalizando uma economia de 124,9 kWh no processo e R$ 209.496,27 anualmente.

O retorno do investimento através do método *payback,* acontece em um ano e onze meses, o que na visão da empresa é um tempo aceitável para os projetos serem realizados, visto que os projetos para serem aprovados necessitam retornar o investimento no período máximo de cinco anos. A empresa utiliza como taxa mínima de atratividade (TMA) o valor de 12% ao ano, considerando viável o investimento em projetos que tenham o retorno do valor investido no prazo máximo de cinco anos.

Ao analisar o resultado do cálculo do VPL e TIR, nota-se um aumento no tempo de retorno do investimento, devido à maior complexidade do cálculo por contemplarem uma maior quantidade de variáveis em comparação ao *payback*, ainda assim o projeto mostrou-se viável, devido ao retorno do investimento acontecer antes de cinco anos, obtendo um VPL maior que zero e o resultado da TIR maior que o valor da TMA.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode-se verificar, a etapa de pré-resfriamento das carcaças de frango mostra-se uma grande consumidora de recursos ambientais e financeiros. Percebe-se que com a implantação de um equipamento para reaproveitar a energia térmica da água utilizada no processo de pré-resfriamento no abate de frangos é possível reduzir o consumo de energia em aproximadamente 26,83%.

O retorno do investimento da implantação do equipamento para o reaproveitamento da energia térmica da água utilizada no processo de pré-resfriamento das carcaças de frangos, realizado através dos cálculos de retorno do investimento no regenerador de energia pelo método do payback simples, payback descontado, VPL e TIR, viabilizou uma economia anual de R$ 209.496,27.

Ao verificar os resultados, a proposta se mostrou viável através da análise de retorno do investimento, onde através do cálculo do VPL e da TIR pode-se verificar que o retorno do valor investido no projeto acontece em quatro anos e um mês, e após este período a instalação do equipamento contribuirá para reduzir os custos de produção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Notícias**. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/noticias/1054?m=62>. Acesso em: 20 de Jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Animal: aves**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/aves>. Acesso em: 19 de Jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria 210 de 10/11/1998. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico sanitária de carne de aves**. Publicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF. 26 nov. 1998. Seção 1, p. 226.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Animal no 2º trimestre de 2014.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201402comentarios.pdf>. Acesso em: 03 de Jul. 2016.

KASSAI, J.R. et. al. **Retorno de Investimento – Abordagens Matemática e Contábil do Lucro Empresarial**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MADEF S.A. A marca do frio. **Equipamentos: Gerador de gelo em escamas.** Disponível em: <http://www.madef.com.br/equipamentos_arquivos/gerador_gelo_escamas.pdf>. Acesso em: 04 de Jul. 2016.

SILVA, C.X. da; FILHO, B.B. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia e óptica.** 1.ed. São Paulo: FTD, 2010.

ZANIN, A. *et al*. **Métodos indiretos para adequação de força motriz em uma unidade compressora do sistema de refrigeração de um abatedouro de aves**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4.ed. 2002, Campinas. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200021&lng=pt&nrm=abn>. Acesso em: 06 Jul. 2016.