

## UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS NO CONTROLE DA ABSORÇÃO DE ÁGUA: ESTUDO EM UM FRIGORÍFICO DE MINAS GERAIS.

Jardel Cherlle Nascimento  
Engenheiro de Produção pela Universidade de Itaúna, MG/Brasil  
Universidade de Itaúna, MG/Brasil  
jardel.uit@gmail.com

Fernanda Carolina Gaia  
Engenheira de Produção pela Universidade de Itaúna, MG/Brasil  
Universidade de Itaúna, MG/Brasil  
fernancagaia@yahoo.com.br

Alecir Silva  
Especialista em Gerência e Tecnologia da Qualidade pelo  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, MG/Brasil  
Universidade de Itaúna, MG/Brasil  
alecir09@gmail.com

### RESUMO

Este estudo aborda os efeitos das variáveis de entrada na absorção de água durante o processo de pré-resfriamento. Os testes foram realizados em chillers industriais de um frigorífico em Minas Gerais. Foram monitoradas a massa e temperatura das carcaças de frango no início e final dos chillers, o tempo total do pré-resfriamento, e as temperaturas no início e no fim dos chillers. A implantação da carta de controle mostrou que a absorção de água está sob controle estatístico, entretanto, o estudo de capacidade do processo revelou que o processo não atendia aos limites de especificação. A análise de correlação dos dados mostrou que a absorção de água pelas carcaças de frango é fortemente influenciada pela temperatura final e peso inicial das carcaças, tempo total de pré-resfriamento e pela temperatura no final do chiller. O comportamento destas variáveis mostrou que menores temperaturas nos chillers geram menor absorção de água, e menores carcaças de frango absorvem, proporcionalmente, mais água. Identificadas as principais fontes de variabilidades foi realizada uma modificação na velocidade de trabalho do processo, com o intuito de reduzir a variabilidade e centralizar o nível de absorção. Este objetivo foi alcançado e hoje o percentual de absorção, neste abatedouro, está estabilizado em torno de 6,0%, valor que atende às especificações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e é satisfatório aos interesses econômicos da empresa.

**PALAVRAS CHAVE:** absorção de água; pré-resfriamento; carta de controle; capacidade de processo; regressão linear.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o homem vem buscando formas de produzir alimentos em maior quantidade, com melhor qualidade, com menores tempos e menores custos possíveis. Para isso grandes investimentos têm sido aplicados em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias voltadas para o aumento da produtividade e qualidade.

O consumo da carne de aves tem crescido em comparação ao consumo de carnes bovinas e suínas, sendo estas três, as mais consumidas em termos mundiais. O Brasil tem grande destaque no cenário econômico atual, sendo o maior exportador mundial de carne de frango.

No processamento da carne de aves a absorção de água pelas carcaças de frango durante seu pré-resfriamento é um parâmetro muito importante e regulamentado pela portaria 210 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), não devendo ultrapassar o limite de 8% do peso inicial da carcaça, devido a essa importância um estudo acerca deste processo foi elaborado.

O presente estudo foi realizado na área de produção de um frigorífico de aves. O processo analisado contempla dois tanques de pré-resfriamento, conhecidos industrialmente como *pré-chiller* e *chiller*.

Os objetivos gerais desse trabalho são avaliar a absorção de água pelas carcaças de frango durante o processo de pré-resfriamento e buscar métodos de se controlar o processo.

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o abate de aves, o processo de pré-resfriamento das carcaças de frango por imersão em água conforme legislação, cartas de controle, análise de capacidade do processo e análise de regressão múltipla. Posteriormente foram coletadas as amostras, registrados os dados e efetuadas as análises estatísticas citadas. De posse destas análises foi elaborado um plano de ação para estabilizar o processo nos níveis desejados.

## REVISÃO TEÓRICA

O processamento industrial de abate de aves obedece às seguintes etapas: pendura, insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, separação de pés, lavagem, pré-resfriamento, embalagem e resfriamento ou congelamento (Sarcinelli, Venturini & Silva, 2009).

A etapa de pré-resfriamento mais utilizada pelas empresas brasileiras é o pré-resfriamento por imersão em água gelada, que consiste na passagem da carcaça por tanques contínuos (*chillers*), contendo água gelada e gelo em seu interior. O pré-resfriamento das carcaças de frango após o abate e evisceração é exigência da legislação nacional (Portaria 210, 1998; Olivo, 2006).

As carcaças de frango, quando imersas no chiller, absorvem água. O excesso de água absorvida não é, necessariamente, resultante da injeção fraudulenta de água no produto, mas sim do ajuste inadequado das variáveis de influência (Sarcinelli, Venturini & Silva, 2009).

Para Carciofi (2005) qualquer fator que proporcione redução de custos é visto como diferencial competitivo num mercado tão acirrado como este. Como o consumo energético é responsável por boa parte destes custos, e a refrigeração representa grande parte desse consumo, a otimização deste processo pode ser relevante.

Ao longo do chiller existe um ponto de distribuição de gelo, gerado em uma sala especialmente projetada e equipada para isto. O equipamento opera com renovação constante de água de resfriamento que circula em contra corrente ao sentido das carcaças, que são conduzidas pela rosca sem fim, de uma extremidade à outra do equipamento.

Na entrada os frangos são derrubados das nóreas no início do pré-chiller. A passagem de um tanque para outro e a saída do frango no ultimo estágio ocorrem por meio de “pás” presas a ultima volta da rosca (satélite tirador). A Figura 1 ilustra o *chiller* industrial com rosca sem fim.



**Figura 1.** Chiller industrial com rosca sem fim

Fonte: Recuperado em 27 setembro, 2009, de <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABCKEAE/analise-estatistica-processo-absorcao-agua-pelas-carcacas-frango-chiller-industrial>

Também faz parte do equipamento um sistema de injeção de ar comprimido, conhecido industrialmente como “borbulhamento”, composto de bicos injetores de ar na parte inferior do chiller, acoplados a uma linha de ar comprimido. A entrada de ar comprimido promove uma maior agitação da água. Isto provoca um aumento nas velocidades de resfriamento e de absorção de água pelas carcaças, o que exige certo cuidado na sua utilização.

Antes do pré-resfriamento a temperatura das carcaças é de aproximadamente 40°C, que deve ser reduzida para 4°C nos tanques de imersão de água gelada, usando-

se o centro do músculo peitoral como ponto de controle dessa temperatura. A legislação brasileira estabelece o uso de pelo menos dois tanques de pré-resfriamento, sendo que no primeiro tanque a temperatura máxima seja de 16°C e no último tanque 4°C (Portaria 210, 1998).

Carciofi (2005) desenvolveu um estudo sobre o pré-resfriamento de carcaças de frango utilizando o sistema de imersão em água. Foi estudado a influência dos parâmetros do processo sobre a absorção de água durante o resfriamento em um *chiller*. Observou-se que quanto maior a temperatura da água, maior também a absorção de água pela carcaça.

A legislação vigente impõe limites na absorção de água, visando defender os interesses do consumidor. A absorção, neste frigorífico, é fiscalizada pelo Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) através do cálculo de percentagem de água absorvida, a qual não deve exceder 8% dos pesos das carcaças na entrada do pré-resfriamento (Portaria 210, 1998).

Os poros são responsáveis por cerca de 25% da água absorvida, eles estão abertos na temperatura da ave ao final da evisceração (aproximadamente 40°C), se a água do *pré-chiller* estiver relativamente fria, os poros se fecham rapidamente, e se o tempo é insuficiente, em média inferior a 15 minutos, a hidratação alcançada será escassa. No *pré-chiller* a carcaça absorve cerca de 60% do total de água absorvida no processo de resfriamento.

Carciofi (2005) relata que, via de regra, a absorção relativa de água em carcaças pequenas, é maior, quando comparada com carcaças de maior peso, e que o tempo de imersão é a variável de maior influência no processo de absorção de água pelas carcaças de frango.

As normas e definições para a indústria frigorífica são regulamentadas pela Portaria nº 210 de 10 de novembro de 1998 do MAPA. As condições e regulamentos de operação do pré-resfriamento de carcaças de frango estão descritas nessa portaria e sucintamente explicadas a seguir.

É definido como pré-resfriamento o processo de abaixamento da temperatura das carcaças de aves, imediatamente após as etapas de evisceração e lavagem, realizadas por sistema de imersão em água gelada e/ou água e gelo ou passagem por túnel de resfriamento, obedecendo aos respectivos critérios técnicos específicos (Portaria 210, 1998).

O termo carcaça é definido como: “o corpo inteiro de uma ave após insensibilização, ou não, sangria, depenagem e evisceração, onde papo, traqueia, esôfago, intestinos, cloaca, baço e órgãos reprodutores e pulmões tenham sido removidos. É facultativa a retirada dos rins, pés, pescoço e cabeça” (Portaria 210, 1998).

O sistema de controle de absorção de água em carcaças de frango submetidas ao resfriamento por imersão deve ser eficiente e efetivo, sem margem a qualquer prejuízo na qualidade do produto final. (Portaria 210, 1998).

As normas citam que a quantidade de água absorvida durante o pré-resfriamento por imersão está relacionada principalmente com a temperatura da água dos *chillers*, tempo de permanência nos mesmos, injeção de ar no sistema (que não será abordada neste estudo, pois esta é constante durante todo processo) e outros fatores menos significativos.

A absorção (percentual de água absorvido) deve ser medida tomando-se a massa da ave na entrada e logo após a saída do sistema de *chillers*. A diferença encontrada é calculada e indicada de maneira percentual. Segundo o MAPA a quantidade de água determinada por este método exprime-se em percentagem da massa total da carcaça de ave no limite máximo de 8% da sua massa (Portaria 210, 1998).

## **METODOLOGIA DE PESQUISA**

O tipo de pesquisa científica utilizada neste trabalho será classificado quanto à natureza como pesquisa aplicada, pois busca conhecimentos já existentes para solucionar problemas e gerar desenvolvimentos específicos de um processo de pré-resfriamento das carcaças de frango na área de produção de um frigorífico de aves.

Quanto à forma de abordagem é quantitativa, pois requer o uso de técnicas estatísticas para classificar e analisar informações. Segundo Chizzotti (1995), é necessário prever a mensuração de variáveis pré-estabelecidas, procurando verificar e explicar sua influência sobre outras variáveis, mediante a análise da frequência de incidências e de correlações estatísticas.

Quanto aos objetivos é explicativa, pois busca descobrir as causas das falhas que poderiam estar acontecendo durante o processo de pré-resfriamento em chiller industrial e explicar a razão de cada uma. Sendo que quanto aos procedimentos é experimental, pois tem um objeto de estudo e as variáveis que o influenciam serão selecionadas como também as suas formas de controle, buscando encontrar soluções para a melhora do processo (Montgomery & Runger, 2003; Montgomery, 2004).

O conhecimento científico é adquirido pelo método científico, o qual propicia uma retomada constante de novas descobertas ou ampliações do conhecimento. É preciso que se tenha um método para conseguir atingir um resultado esperado, pois caso não aconteça, através de um método é possível rastrear e verificar as causas das possíveis falhas buscando melhorá-lo.

O método utilizado para a pesquisa é o estudo de caso. O estudo de caso é uma estratégia que leva em consideração a compreensão como um todo do assunto investigado. Nesta estratégia todos os aspectos são investigados.

O estudo é uma descrição analítica de um evento ou de uma situação in loco, e o método de estudo de caso serve de guia para o desenvolvimento de procedimentos, com finalidade de obter novas descobertas. Para Yin (2001), a essência de um estudo de caso é que ele tenta esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões, avaliando o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados.

Segundo Godoy (1995 como citado em Roglio, 1998), o estudo de caso constitui-se em um tipo de pesquisa que tem por objetivo a análise intensa de uma dada unidade, que pode ser um indivíduo, um grupo de indivíduos ou mesmo uma empresa.

O local de realização será o campo, pois será feito em um equipamento dentro do fluxo produtivo.

Para tanto foram selecionadas, de modo aleatório, 30 amostras de 5 elementos cada, sendo todas as carcaças de aves da linhagem cobb, com 30 a 35 dias de idade e peso entre 1500g e 2500g, provenientes de diferentes granjas. Estas foram retiradas da linha de abate imediatamente antes de entrarem no tanque de pré-resfriamento (pré-chiller). As carcaças estavam evisceradas, sem rins e sem pés.

O estudo do processo teve início em Janeiro começando com estudo do problema, trabalhos relacionados, coleta das amostras, sendo que as mesmas começaram a ser analisadas em abril e finalmente o estudo foi encerrado no mês de agosto, alcançando o objetivo de estabilizar o processo e atender as especificações do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

A coleta de dados consistiu na extração de informações na área de atuação de pré-resfriamento das carcaças de frango, mostrando o histórico das falhas acontecidas durante o processo.

Foram utilizadas as cartas de controle a fim de observar se o processo de absorção de água pelas carcaças de frango durante o processo de pré-resfriamento estava sob controle estatístico, permitindo o monitoramento do processo (Silva, 2009).

Quando ocorrem apenas causas comuns que afetam o processo, diz-se que o processo está sob controle, pois estas causas são esperadas e aleatórias, por consequência pertencem ao processo.

Quando ocorrem causas especiais que afetam o processo, diz-se que o processo está fora de controle, pois estas causas são inesperadas, por consequência não pertencem ao processo.

Através da análise da capacidade do processo foi possível quantificar a variabilidade do processo e comparar esta variabilidade com as exigências ou

especificações do produto. Neste trabalho avaliou por meio dos índices cp e cpk se a absorção de água pelas carcaças de frango durante o processo de pré-resfriamento atende às especificações.

A análise de regressão linear múltipla permitiu analisar o grau de influencia das variáveis de entrada do processo em relação à absorção de água pelas carcaças de frango durante seu pré-resfriamento.

O processo foi analisado com o auxílio do software Minitab 16.0 pelo método Capability Analysis (Campos, 2003). O estudo mostrou que as variáveis de maior influência são: o tempo de permanência das carcaças no chiller, o tamanho das carcaças e a temperatura das carcaças e da água do chiller.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A fim de se obter uma resposta do processo de absorção de água pelas carcaças de frango nos *chillers* de resfriamento, e verificar se o mesmo está sob controle estatístico, foi implementada a carta de controle de *Shewhart* para variáveis.

Para tanto foram selecionadas, de modo aleatório, 30 amostras de 5 elementos cada, sendo todas as carcaças de aves da linhagem cobb, com 30 a 35 dias de idade e peso entre 1000g e 2500g, provenientes de diferentes granjas. Estas foram retiradas da linha de abate imediatamente antes de entrarem no tanque de pré-resfriamento (*pré-chiller*). As carcaças estavam evisceradas, sem rins e sem pés.

Durante os testes alguns cuidados foram tomados para tentar minimizar fatores que poderiam alterar os resultados. Entre eles buscou-se coletar carcaças com a pele íntegra, sem asas ou coxas quebradas. Verificou-se a evisceração da ave, confirmando a retirada dos órgãos e eliminando a gordura excessiva na região abdominal que poderiam desprender-se durante o resfriamento.

As carcaças utilizadas no cálculo de absorção de água, foram identificadas por um lacre, procedia-se a verificação interna e a pesagem, registrando o seu peso inicial ( $P_i$ ). Estas carcaças eram colocadas no sistema de resfriamento e, ao saírem do *chiller*, eram conduzidas para a etapa de gotejamento, fazia-se então a pesagem e registrava-se o peso final da carcaça ( $P_f$ ).

A absorção das carcaças foi calculada pela equação 1:

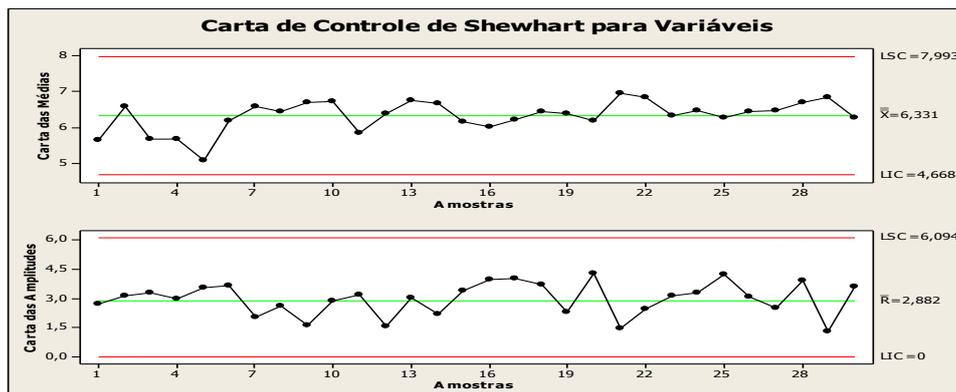
$$\text{ABSORÇÃO} = \frac{(P_f - P_i) \times 100}{P_i} \quad (1)$$

Onde:

$P_i$  – Peso inicial da carcaça

$P_f$  – Peso final da carcaça

De posse dos dados foram levantados os parâmetros para a construção da carta de controle. A Figura 2 mostra gráfico gerado pelo software Minitab 16.0.



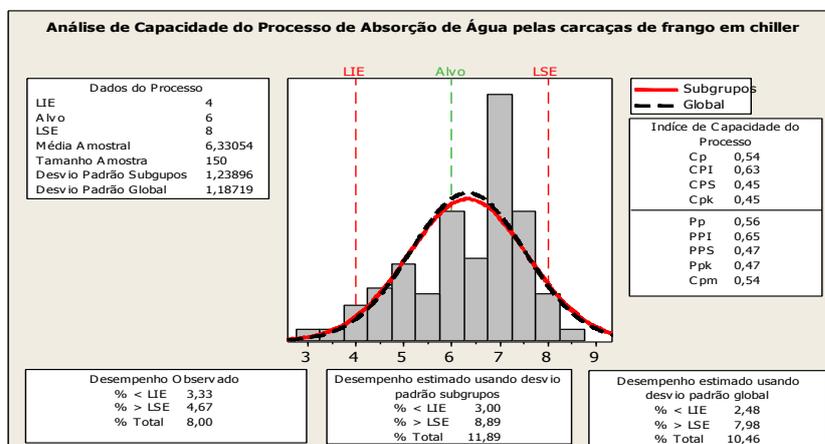
**Figura 2.** Carta de controle de Shewhart para a absorção de água pelas carcaças de frango.

Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Como mostra Figura 2 a Carta das Amplitudes (R) e a Carta das Médias (X) estão sob controle estatístico, pois todos os pontos estão dentro dos limites de controle, os limites de controle tentativos foram adotados como limites de controle do processo e iniciou-se o monitoramento *on-line* do processo, ou seja, com a marcação de cada ponto imediatamente após a sua medição. É importante que o tamanho da amostra seja o mesmo usado na construção das cartas.

Visando avaliar a capacidade do processo de absorção de água pelas carcaças de frango nos *chillers* de pré-resfriamento, foi realizado o estudo da capacidade do processo através dos índices Cp e Cpk. O limite superior de especificação (LSE) foi definido de acordo com a legislação vigente, ou seja, 8,0%. Para o limite inferior de especificação (LIE) foi estipulado um valor de 4,0% com base nos interesses econômico-financeiros da empresa.

O processo foi analisado com o auxílio do *software* Minitab 16.0 pelo método *Capability Analysis* gerando o resultado mostrado na Figura 3.



**Figura 3.** Análise de capacidade do processo de absorção de água pelas carcaças de frango.

Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Verificou-se que o processo é estatisticamente incapaz de atender às especificações, tendo uma dispersão elevada e estando deslocado para a direita.

O índice Cp que é a taxa de tolerância à variação do processo em relação à especificação foi de 0,54 o que revela que o processo é incapaz, uma vez que este índice, por definição deve ser maior que 1,33. O índice Cpk que mede a capacidade efetiva, levando em conta a centralização do processo, foi de 0,45 o que também revela que o processo é incapaz, uma vez que este índice, por definição também deve ser maior que 1,33.

O desempenho observado no processo mostra que 8,00% das amostras utilizadas nos testes não atenderam às especificações estabelecidas. Sendo que 3,33% tiveram um percentual de absorção de água inferior a 4,00% e 4,67% tiveram este percentual de absorção superior a 8,00%.

Como o estudo de capacidade do processo revelou que o processo de absorção de água pelas carcaças de frango é incapaz de atender aos limites de especificação, foi realizada uma análise de regressão múltipla entre as variáveis de entrada do processo e a absorção, com o objetivo de encontrar soluções que possam melhorar este processo.

Foram monitoradas a massa e temperatura das carcaças de frango no início e final dos *chillers*, o tempo total de resfriamento, e as temperaturas no início e no fim dos *chillers*. Foram selecionadas, de modo aleatório, 30 carcaças de aves da linhagem cobb, com 30 a 35 dias de idade e peso entre 1000g e 2500g, provenientes de diferentes granjas. Estas foram retiradas da linha de abate imediatamente antes de entrarem no tanque de pré-resfriamento (*pré-chiller*). As carcaças estavam evisceradas, sem rins e sem pés.

Para verificar a temperatura das carcaças durante as diferentes etapas, foi utilizado um termômetro digital bi metálico tipo espeto, devidamente calibrado, e com tempo para estabilização da medição padronizado em 20 segundos, o qual era introduzido no peito do frango (local de maior temperatura). Para medição da temperatura dos *chillers* foi utilizado o mesmo termômetro, deixando a parte metálica do termômetro totalmente submersa na água dos *chillers* por 20 segundos.

Após a coleta das amostras e registro dos dados, estes foram analisados e confrontados com o índice de absorção, com o auxílio do *software* Minitab 16.0 pelo método de regressão linear múltipla, que gerou o relatório mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1**Análise de regressão linear múltipla gerado no *software* Minitab 16.0

<b>Análise de Regressão: Absorção (%) versus Temp. Inicial; Temp. Final ; Peso Inicial; Peso Final; Tempo Pré-resfriamento; Temp. Início Pré-chiller; Temp. Final Pré-chiller; Temp. Início Chiller; Temp. Final Chiller.</b>				
A equação de regressão é: $\text{Absorção (\%)} = 9,17 - 0,0373 \text{ Temp. Inicial (}^\circ\text{C)} - 0,0230 \text{ Temp. Final (}^\circ\text{C)} - 0,0711 \text{ Peso Inicial (g)} + 0,0667 \text{ Peso Final (g)} - 0,0151 \text{ Tempo Pré-resfriamento (min)} - 0,118 \text{ Temp. Início Pré-chiller (}^\circ\text{C)} + 0,111 \text{ Temp. Final Pré-chiller (}^\circ\text{C)} + 0,0132 \text{ Temp. Início Chiller (}^\circ\text{C)} + 0,0020 \text{ Temp. Final Chiller (}^\circ\text{C)}$				
<b>Predictor</b>	<b>Coef SE</b>	<b>Coef</b>	<b>T</b>	<b>p-value</b>
Constant	9,1723	0,8236	11,14	0,000
Temp. Inicial (°C)	-0,03727	0,01871	-1,99	0,153
Temp. Final (°C)	-0,023032	0,009313	-2,47	<b>0,018</b>
Peso Inicial (g)	-0,071097	0,001291	-55,06	<b>0,002</b>
Tempo Pré-resfriamento (min)	-0,015052	0,007005	-2,15	<b>0,038</b>
Temp. Início Pré-chiller (°C)	-0,11781	0,06345	-1,86	0,902
Temp. Final Pré-chiller (°C)	0,11125	0,06768	1,64	0,108
Temp. Início Chiller (°C)	0,01317	0,01712	0,77	0,446
Temp. Final Chiller (°C)	0,00200	0,01620	0,12	<b>0,071</b>

Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Como mostra a análise estatística do percentual de absorção de água pela carcaça de frango, a um nível de confiança de 95%, mostra as variáveis com valor *p* menor que 0,1 como as de maior influência na absorção. Os parâmetros relevantes na variável de saída (absorção de água) são temperatura final da carcaça, peso inicial da carcaça, tempo total de resfriamento e temperatura no final do *chiller*, estes serão detalhados a seguir.

Temperatura final da carcaça – a temperatura no final da carcaça de frango tem forte relação com a absorção de água. Quanto maior a abertura dos poros da carcaça de frango, maior a tendência de serem preenchidos com água. Quanto menor a temperatura final da carcaça, menor a abertura dos poros, conseqüentemente menor a absorção de água.

Peso inicial da carcaça – carcaças com menor peso absorvem proporcionalmente mais água. Isso se deve a maior superfície de contato das carcaças menores, o que resulta no maior contato entre os poros e a água, resultando em um maior preenchimento dos poros da carcaça com água do *chiller*.

Tempo total de resfriamento – o tempo total de resfriamento se mostrou significativo na absorção de água pela carcaça de frango. Quanto mais tempo a carcaça permanece dentro dos tanques de resfriamento, maior será o percentual de absorção de água.

Temperatura no final do chiller – a temperatura no final do chiller influencia significativamente na absorção de água. Quanto maior a abertura dos poros da carcaça de frango, maior a tendência de eles serem preenchidos com água. Além disso, os poros da carcaça sofrem influencia direta da temperatura do meio, ou seja, quanto maior as temperaturas da água no chiller, mais abertos estarão os poros e conseqüentemente maior será a absorção, quanto mais gelada estiver a água, mais fechados estarão os poros e menor a absorção.

Como foi verificada nas análises estatísticas realizadas, a absorção de água pelas carcaças de frango durante o processo de pré-resfriamento não é capaz de atender às especificações determinadas pelo MAPA. Com o objetivo de solucionar tal problema foi elaborado um plano de ação para intervir no processo e estabilizar o percentual de absorção em 6%, valor este que atende às especificações da legislação e os interesses econômicos da empresa.

Foi selecionada para intervenção a variável de entrada no processo “tempo total de pré-resfriamento”, pois esta influi significativamente no percentual de absorção conforme demonstrado na Tabela 1 e não implicará em custos para a empresa. A Tabela 2 mostra o plano de ação elaborado.

**Tabela 2**  
**Plano de Ação**

PLANO DE AÇÃO					
Absorção de água pelas carcaças de frango durante o processo de pré-resfriamento					
O QUE?	QUEM?	QUANDO?	ONDE?	POR QUE?	COMO?
Reduzir a variabilidade e estabilizar a absorção de água pelas carcaças de frango no percentual de 6%	Engenharia e Manutenção	01/02/2010	Setor de produção, especificamente nos tanques de pré-resfriamento (pré-chiller e chiller)	O processo encontra-se instável e não atende às especificações do MAPA	Definindo a velocidade de trabalho do tanque de pré-resfriamento

Fonte: Elaborado pelos autores

Executando a regressão linear simples das variáveis Absorção versus Tempo de Pré-Resfriamento obteve-se o resultado mostrado na Tabela 3.

**Tabela 3**

Análise de Regressão linear Absorção *versus* Tempo Total de pré-resfriamento

<b>Análise de Regressão: Absorção (%) versus Tempo Total de Pré-resfriamento</b>				
A equação de regressão é:				
Absorção (%) = - 1,79 + 0,185 Tempo total de pré-resfriamento				
Predictor	Coef	SE Coef	T	<i>p-value</i>
Constant	-1,7883	0,8444	-2,12	0,039
Tempo total de pré-resfriamento	0,18518	0,01869	9,91	0,000
S = 0,863523 R-Sq = 67,2% R-Sq(adj) = 66,5%				

Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Utilizando a equação gerada na análise de regressão linear simples chega-se a conclusão de que o tempo de pré-resfriamento deve ser de aproximadamente 42 minutos obtendo assim um percentual de 6% de absorção de água, conforme verificado a seguir:

$$\text{Absorção (\%)} = - 1,79 + 0,185 \text{ Tempo de pré-resfriamento}$$

$$\underline{6,0 = - 1,79 + 0,185 \text{ Tempo de pré-resfriamento}}$$

$$\text{Tempo de pré-resfriamento} = 42,108 \text{ minutos}$$

Os *chillers* possuem respectivamente 3 e 6 metros totalizando 9 metros de comprimento e trabalhava sem velocidade definida, esta variava entre 10m/h e 14 m/h, conforme estabelecido pela gerência de produção, que a determinava de acordo com seu conhecimento empírico, nenhum método científico era utilizado para determinação de tal velocidade.

Como o *chiller* possui 9 metros de comprimento conclui-se por meio de regra de três simples, mostrada na Tabela 4, que uma velocidade de 13 m/h fará com que as carcaças de frango permaneçam nos chillers durante 42 minutos atendendo a equação de regressão.

**Tabela 4**

Regra de Três Simples

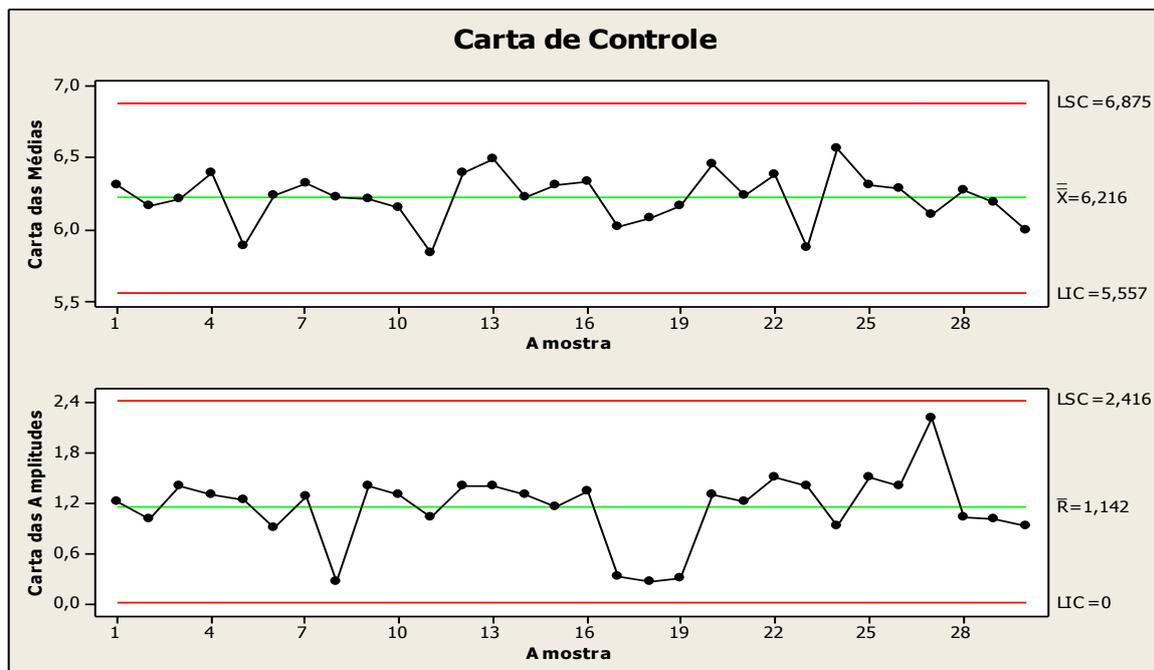
Comprimento	Tempo	Velocidade
9 m	60 min	9 m/h
9 m	42,108 min	X m/h

Nota:  $60 * 9 = 42,108 * X - X = 12,825 \text{ m/h}$ . Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Feita esta intervenção no processo foram repetidas as implantações da carta de controle de Shewhart para variáveis e o estudo de capacidade de processo, para verificar se as modificações surtiram o efeito desejado como será demonstrado posteriormente.

## Carta de controle pós-intervenção

Os métodos de coleta e o tamanho das amostras foram os mesmos utilizados na carta de controle construída antes da intervenção no processo, motivo este pelo qual não serão novamente detalhados aqui. Os cálculos do percentual de absorção também foram efetuados pela equação 1. De posse dos dados foram levantados os parâmetros para a construção da carta de controle. A Figura 4 mostra o gráfico de controle pós-intervenção.



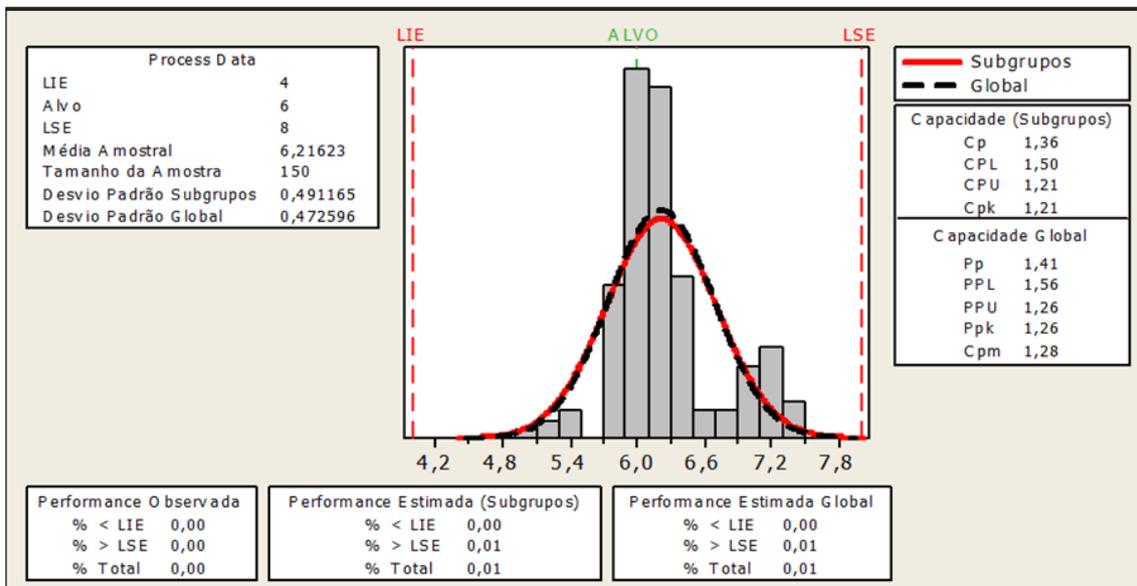
**Figura 4.** Carta de controle pós-intervenção.

Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Pode-se constatar que houve alterações significativas nos limites de controle principalmente na carta das amplitudes o que mostra que ocorreu uma alteração significativa no processo, pois como mostra a Figura 8 os pontos estão mais próximos da média. A variabilidade dentro das amostras reduziu drasticamente. A variabilidade entre as amostras também reduziu significativamente revelando uma centralização do processo.

Visando avaliar a capacidade do processo de absorção de água pelas carcaças de frango nos *chillers* de pré-resfriamento, foi realizado o estudo da capacidade do processo através dos índices Cp e Cpk. O limite superior de especificação (LSE) foi definido de acordo com a legislação vigente, ou seja, 8,0%. Para o limite inferior de especificação (LIE) foi estipulado um valor de 4,0% com base nos interesses econômico-financeiros da empresa.

O processo foi analisado com o auxílio do software Minitab 16.0 pelo método *Capability Analysis* gerando o resultado mostrado na Figura 5.



**Figura 5.** Análise de capacidade do processo

Fonte: gerado pelo software Minitab 16.0. com os dados da pesquisa

Verificou-se após a intervenção que o processo é estatisticamente razoavelmente capaz de atender às especificações, tendo dispersão ainda um pouco elevada devido às outras variáveis de influência mais difíceis de serem controladas, como o tamanho da carcaça, por exemplo. Mas percebe-se significativa melhoria no processo, pois maior parte das amostras está próximo ao alvo (6,0%) e nenhuma excedeu os limites de especificação.

O índice Cp que é a taxa de tolerância à variação do processo em relação à especificação passou de 0,54 para 1,36, o que revela que o processo é estatisticamente capaz de atender aos limites de especificação.

O índice Cpk que mede a capacidade efetiva, levando em conta a centralização do processo, passou de 0,45 para 1,21 o que revela que o processo é estatisticamente razoavelmente capaz de atender aos limites de especificação. Esta elevação no índice Cpk ocorreu devido à centralização e redução da variabilidade do processo.

O desempenho observado no processo mostra que 100% das amostras utilizadas nos testes atenderam às especificações estabelecidas pelo MAPA e atendem aos interesses econômicos da empresa.

## CONCLUSÕES

No processo de absorção de água pela carcaça de frango nos tanques de pré-resfriamento (*chillers*) a análise de correlação pelo método de regressão linear múltipla mostrou que o comportamento foi conforme descrito pela literatura consultada, ou seja, a absorção de água nas carcaças de frango é fortemente influenciada pela temperatura final

da carcaça, peso inicial da carcaça, tempo total de pré-resfriamento e pela temperatura no final do *chiller*.

As cartas de controle de Shewhart para variáveis das médias e das amplitudes mostraram que o processo está sob controle estatístico. O estudo de capacidade do processo revelou que o processo é incapaz de atender aos limites de especificação, sendo necessário tomar ações corretivas que melhorassem a centralização e diminuíssem a dispersão da absorção de água pelas carcaças de frango.

Foi alterada a velocidade de trabalho dos *chillers* reduzindo o tempo total de pré-resfriamento e conseqüentemente o percentual de absorção de água. Após esta intervenção verificou-se uma melhoria significativa, pois a maioria das carcaças apresentou níveis de absorção em torno de 6,0%, houve algumas variações devido as outras variáveis de influência que são de controle mais complexo, mas todas as amostras atenderam os limites de especificação. O que mostra que a intervenção foi satisfatória, pois além de estabilizar o processo não foi necessário qualquer investimento, pois o trabalho foi executado pelos próprios funcionários da empresa (engenharia e manutenção).

Durante a seleção da variável a ser modificada verificou-se dificuldade de se atuar nas outras que não o tempo total de pré-resfriamento, tanto por fatores fisiológicos como o tamanho das carcaças que não podem ser controlados, como por questões financeiras como o aumento da capacidade de produção de gelo para manter a temperatura em níveis mais baixos, o que requereria altos investimentos inviabilizando o projeto.

Como foi verificado, o processo passou de incapaz para razoavelmente capaz de atender às especificações. Esta alteração se mostra satisfatória, uma vez que foi realizada intervenção em somente uma das diversas variáveis de influência na absorção de água pelas carcaças de frango e que esta alteração não gerou qualquer tipo de custo, pois somente definiu-se a velocidade de trabalho do *chiller*. Além disso, o processo se tornou mais contínuo, pois a quantidade de aves saindo dos tanques de pré-resfriamento passou a ser mais constante, o que permitiu uma melhor alocação de mão de obra nos processos anteriores e posteriores ao pré-resfriamento.

## REFERÊNCIAS

Campos, M. S. (2003). Desvendando o minitab. Rio de Janeiro: Qualitymark.

Chizzotti, A. (1995). Pesquisa em ciências humanas e sociais. São Paulo: Cortez, 1995

Carciofi, B. A. M. (2005). Estudo do resfriamento de carcaças de frango em chiller de imersão em água. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado em 27 setembro, 2009 de <http://www.enqb.ipn.mx/cibia/Tomol/I-80.pdf>

- Yin, R.K. (2001). Estudo de caso: planejamento e métodos (2ª Ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro: Ltc.
- Montgomery, D. C. (2004). Introdução ao controle estatístico da qualidade. Rio de Janeiro: Ltc.
- Olivo, R. (2006). O mundo do frango: cadeia produtiva de carne de frango. Criciúma, SC. Recuperado em 26 setembro, 2009, de <http://www.tradepar.com.br/detalhes/o-mundo-do-frango-cadeia-produtiva-da-carne-de-frango-9788590582434-488.html>
- Portaria nº 210. (1998), de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico de Inspeção Tecnológica e Higiénico Sanitária de Carne de Aves. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 26 nov. 1998, Seção 1, p. 226. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do>; Acesso em: 20 set. 2009.
- Roglio, K. D. (1998). Uma análise das ações gerenciais no aperfeiçoamento de processos sob a ótica de aprendizagem organizacional. Dissertação do Mestrado em Engenharia da Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil.
- Sarcinelli, M. F., Venturini, K. S., & Silva, L. C. (2009). Abate de aves. Recuperado em 27 setembro 2009, de <http://www.agais.com.br>
- Silva, A. (2009). Carta de Controle para Variáveis. Engenharia de Produção – UI. Controle Estatístico da Qualidade (apostila). Universidade de Itaúna.

## **USE OF STATISTICAL TOOLS IN THE ABSORPTION CONTROL WATER: STUDY ON A REFRIGERATOR MINAS GERAIS.**

### **ABSTRACT**

This study addresses the effects of the input variables in the absorption of water during the pre-cooling. The tests were conducted in industrial chillers refrigerator in Minas Gerais. The mass and temperature of chicken carcasses at the beginning and end of chillers, the total time of the pre-cooling, and the temperatures at the beginning and end of chillers were monitored. The control chart implementation showed that the water absorption is under statistical control, however, the process capability study revealed that the process didn't meet the specification limits. Correlation analysis of the data showed that the water uptake by poultry carcasses is strongly influenced by the final temperature and initial carcass weight, total length of pre-cooling and the temperature after the chiller. The performance of these variables showed lower temperatures in the chiller generate lower water absorption and lower chicken carcasses absorb proportionally more water. Identified the main sources of variability modification was performed on the working speed of the process, in order to reduce variability and centralize the level of absorption. This goal was achieved and today the percentage of absorption, this slaughterhouse is stabilized around 6.0%, which meets the specifications of the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply and satisfactory to the economic interests of the company.

**KEYWORDS:** water absorption; pre-cooling; control chart; process capability; linear regression.

## **EL USO DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS EN EL CONTROL DE LA ABSORCIÓN DE AGUA: ESTUDIA EN UN REFRIGERADOR MINAS GERAIS.**

### **RESUMEN**

Este estudio aborda los efectos de las variables de entrada en la absorción de agua durante el pre-enfriamiento. Las pruebas se realizaron en refrigeradores industriales refrigerador en Minas Gerais. La masa y la temperatura de las carcasas de pollo al principio y al final de enfriadores, el tiempo total de la pre-enfriamiento, y las temperaturas al principio y al final de enfriadores fueron monitoreados. La aplicación de la carta de control mostró que la absorción de agua está bajo control estadístico, sin embargo, el estudio de la capacidad del proceso reveló que el proceso no cumplía con los límites de especificación. Análisis de correlación de los datos mostró que la absorción de agua por canales de aves está fuertemente influenciada por la temperatura final y el peso inicial de la canal, la longitud total de pre-enfriamiento y la temperatura después de la enfriadora. El desempeño de estas variables mostraron temperaturas más bajas en el refrigerador generan menor absorción de agua y canales de pollo bajas absorben proporcionalmente más agua. Identificado las principales fuentes de variabilidad modificación se realizó en la velocidad de trabajo del proceso, con el fin de reducir la variabilidad y centralizar el nivel de absorción. Este objetivo se logró y hoy en día el porcentaje de absorción, este matadero se estabilizó en torno a 6,0%, lo que cumple con las especificaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento y satisfactoria a los intereses económicos de la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** absorción de agua; pre-enfriamiento; gráfico de control; la capacidad del proceso; regresión lineal.