

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS
MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

JEAN CARLOS BRUSTOLIN

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA DESCONTAMINAÇÃO DE
CARCAÇAS SUÍNAS UTILIZANDO ÁGUA SOB PRESSÃO E
ÁCIDO LÁTICO**

ERECHIM, RS - BRASIL

Janeiro de 2014.

**UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS
MISSÕES
URI – CAMPUS DE ERECHIM
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA DESCONTAMINAÇÃO DE
CARCAÇAS SUÍNAS UTILIZANDO ÁGUA SOB PRESSÃO E
ÁCIDO LÁTICO**

JEAN CARLOS BRUSTOLIN

Tese de Doutorado submetido ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI – Campus de Erechim, como pré-requisito ao Título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Orientadores: Rogério Cansian

Marco Di Luccio

ERECHIM, RS - BRASIL

Janeiro de 2014.

**Avaliação da eficiência da descontaminação de carcaças suínas
utilizando água sob pressão e ácido láctico**

Jean Carlos Brustolin

Tese de Doutorado submetida à Comissão Julgadora do Programa de Doutorado em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração: Engenharia de Alimentos.

Comissão Julgadora:

Prof. Rogério Cansian, D.Sc.
Orientador

Prof. Marco Di Luccio, D.Sc.
Orientador

Prof. Elizandra Rigo, D.Sc.

Prof. Juliana Steffens Jr., D.Sc.

Prof. Alice Vaduga, D.Sc.

Prof. Eduardo Tondo, D.Sc.

Erechim, 17 de Janeiro de 2014

NESTA PÁGINA DEVERÁ SER INCLUÍDA A FICHA CATALOGRÁFICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. ESTA FICHA SERÁ ELABORADA DE ACORDO COM OS PADRÕES DEFINIDOS PELO SETOR DE PROCESSOS TÉCNICOS DA BIBLIOTECA DA URI – CAMPUS DE ERECHIM.

“Dedico esta conquista ao meu filho Antonio, que ilumina minha vida com seu sorriso. Espero poder ser sempre motivo de orgulho a você meu filho amado”.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por saber que sempre posso contar com ele.

A minha esposa Karine S. Brustolin por todo apoio, paciência, incentivo e amor. Você me deu o melhor presente do mundo, nosso filho Antonio. Obrigado por tudo.

Ao meu filho Antonio S. Brustolin, que me faz a cada dia querer ser melhor. Desculpe filho, os momentos em que não podia brincar com você, agora irão sobrar mais tempo, meu querido.

Aos meus pais João Carlos Brustolin e Jurema Bellei Brustolin por sempre me incentivarem aos estudos e sempre deram o suporte necessário.

Ao meu avô e padrinho Antonio Bellei (in memória) pelo exemplo de homem de caráter, honesto e de palavra. Sinto muita saudade do senhor meu querido avô.

Ao meu orientador Rogério Cansian, pelo auxílio, compreensão disponibilidade e objetividade que foi de suma importância para realização deste trabalho.

A Aurora Alimentos por todo o apoio. Tenho muito orgulho de fazer parte desta empresa.

A Caciano Capello e Rodicler Bortoluzi pelo apoio nas horas mais complicadas, nunca vou esquecer a ajuda de vocês.

A Sinara, Daniela, Hiromi, Gicele, Camile, Anderson, André Miotto, Alessandra Ioris, André Stival pelo auxílio durante a realização dos experimentos. Tenho muito orgulho de todos vocês. Obrigado por tudo.

Ao André Miotto por toda a ajuda com o chuveiro de carcaças.

Aos meus amigos da banda Dazantigas: Valdo e Rafael, obrigado pela compreensão e parceria. Agora vou ter mais tempos para ensaios e shows.

Aos meus grandes amigos de Erechim, o Dariva e o Diogo pela receptividade de sempre.

Aos colegas de Aurora e aos grandes amigos pela amizade e compreensão.

Aos demais familiares que de uma forma ou outra me incentivaram ou deram apoio, muito obrigado.

A Tia Ivete Detoni pela ajuda durante toda a graduação. Você é uma pessoa muito especial, iluminada. Obrigado pelo carinho.

Aos membros da banca: Alice Valduga, Elisandra Rigo, Juliana Steffens pelas considerações para melhoria do trabalho e por lembrar de momentos tão importantes de nossas vidas na graduação.

Ao membro da banca, o professor Eduardo Tondo, por sua disponibilidade e contribuições dadas para o trabalho.

À URI-Campus de Erechim pelo apoio.

Todos somos ignorantes, apenas em
áreas diferentes. Por isso, humildade é
fundamental.

Jean Carlos Brustolin

Resumo da Dissertação apresentada ao Programa de Doutorado em Engenharia de Alimentos como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Avaliação da eficiência da descontaminação de carcaças suínas utilizando água sob pressão e ácido láctico

Jean Carlos Brustolin

Janeiro/2014

Orientadores: Rogério Cansian

Marco Di Luccio

RESUMO:

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de água sob diferentes pressões e concentrações de ácido láctico em contagens microbianas (bactérias mesófilas, enterobactérias e *Salmonella*) em carcaças de suínos sem contaminação (SC) e contaminadas (CC) carcaças, antes e após o último chuveiro numa linha de abate, antes de ser resfriado. Os resultados das determinações microbiológicas (experiências de validação) foram submetidos a análise de variância, seguida pelo teste de Tukey, para comparar as médias dos resultados ao nível de significância de 5 %. O teste foi realizado utilizando os valores de 2, 3 e 4 bar de pressão de água, e 0, 1 e 2 % de concentração de ácido láctico. Em geral, tanto a pressão no chuveiro como o ácido láctico teve um efeito positivo de reduzir a contagem microbiana na superfície das carcaças. No que diz respeito à redução de mesófilos, pode-se notar que a interação entre a pressão e o ácido láctico causou a maior redução na contagem de carcaças superfície. Com relação à enterobactérias em carcaças contaminadas a variável mais importante foi a concentração de ácido láctico e em carcaças não contaminadas foi a pressão da água. A utilização de 8 bar de pressão de água no chuveiro de lavagem, sem ácido láctico causou uma redução das bactérias mesófilas e enterobactérias, para ambas as carcaças contaminadas e não contaminadas, com resultados estatisticamente iguais uns aos outros, e significativamente menor do que as contagens iniciais e sem espalhar a contaminação na parte interna da carcaça. Já em relação a análise de *Salmonella*, a pressão da água em 8 bar favoreceu a redução da porcentagem de carcaças com *Salmonella* em carcaças previamente contaminadas.

Abstract of Dissertation presented to Food Engineering Program as a partial fulfillment of the requirements for the Doctor in Food Engineering.

Evaluation of the efficiency of decontamination of pig carcasses using pressurized water and lactic acid

Jean Carlos Brustolin

Janeiro/2014

Advisors: Rogério Cansian

Marco Di Luccio

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of different water pressures and concentrations of lactic acid on microbial counts (mesophilic bacteria, enterobacteria and *Salmonella*) on pig carcasses without contamination (Sc) and contaminated (CC) carcasses, before and after the last shower, before being cooled. The results of the microbiological determinations (validation experiments) were subjected to variance analysis, followed by Tukey's test, to compare the means of the results at the significance level of 5%. The test were carried out using values of 4, 3 and 2 water pressure (bar), and 2, 1 and 0 lactic acid concentration (%). In general, both the pressure in the shower as lactic acid had a positive effect by reducing the microbial count on the surface of pig carcasses. With respect to the mesophilic reduction, it may be noted that the interaction between pressure and lactic acid caused the largest reduction in carcasses surface count. With regard to enterobacteria on contaminated carcasses the most important variable was the lactic acid concentration and in uncontaminated carcasses was water pressure. The use of 8 bar pressure of the wash water without lactic acid caused a reduction in mesophilic bacteria and enterobacteria, for both contaminated and uncontaminated carcasses, with results statistically equal to each other, and significantly lower than the initial counts. Already in relation of *Salmonella* analysis, the water pressure at 8 bar favored reducing the percentage of carcasses with *Salmonella* in carcasses previously contaminated.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE FIGURAS	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Mercado de Carnes.....	18
3.2 Qualidade da carne	20
3.3 Qualidade Sanitária	22
3.4 APPCC nas linhas de abate.....	26
3.5 Remoção da contaminação de suínos após abate.....	28
3.6 Ácidos Orgânicos	33
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1 Preparo das Amostras	38
4.2 Delineamento Experimental.....	40
4.3 Análises microbiológicas.....	43
4.3.1 Contagem de Mesófilos	43
4.3.2 Contagem de Enterobactérias.....	44
4.3.3 Presença de <i>Salmonella</i>	44
4.4 Análise estatística.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46

5.1 Avaliação da contagem de bactérias mesófilas nas carcaças.....	46
5.2 Avaliação da contagem de Enterobactérias nas carcaças	50
5.3 Validação dos resultados	54
6. CONCLUSÕES	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis independentes e níveis testados no planejamento fatorial 2^2	41
Tabela 2. Matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores codificados e reais) e as respostas das contagens de bactérias mesófilas nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).	46
Tabela 3. Matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores codificados e reais) e as respostas das contagens de enterobactérias nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do Processo de abate de suínos e localização dos pontos onde foram coletadas as amostras.	38
Figura 2: Locais onde foram coletados os Swabs de esponja para a contagem inicial das carcaças.	39
Figura 3: Aplicador de 500 mL utilizado para pulverizar as soluções de ácido láctico nas carcaças (a) e aplicação manual do ácido láctico com o pulverizador, aplicando cerca de 3,45 ml em cada ponto (b).	42
Figura 4: Contagens de bactérias mesófilas inicial (Log UFC/cm ²), e nos tratamentos 1 ao 7 nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).	47
Figura 5: Gráfico de Pareto com efeito estimado das variáveis estudadas no planejamento experimental 22, para contagem de bactérias mesófilas em carcaças com contaminação prévia (A) e sem contaminação (B), respectivamente.	49
Figura 6: Contagens de enterobactérias inicial (Log UFC/cm ²), e nos tratamentos 1 ao 7 nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).	51
Figura 7: Gráfico de Pareto com efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 22, para contagem de enterobactérias em carcaças com contaminação prévia (A) e sem contaminação (B), respectivamente.	53
Figura 8: Presença de fezes nas carcaças suínas (barriga e lombo), após o chuveiro no experimento 2 (2 bar de pressão e 2% de ácido láctico).	54
Figura 9: Contagens de bactérias mesófilas inicial, tratamento 5 (melhor condição experimental), tratamento 8 (resultados com aplicação de 8 bar de pressão de água) e tratamento 9 (validação dos resultados com 8 bar), nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).	56

Figura 10: Contagens de enterobactérias tratamento 5 (melhor condição experimental), tratamento 8 (resultados com aplicação de 8 bar de pressão de água) e tratamento 9 (validação dos resultados), nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC) 57

1. INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida mundialmente (ABIEPCS, 2013).

O Brasil passou de 83 mil para 580 mil toneladas exportadas de carne suína nos últimos 15 anos (expansão de mais de 600%). O principal concorrente é os Estados Unidos. O Brasil figura, hoje, em quarto lugar no ranking mundial de produção e exportação de carne suína. Depois de ter aberto os mercados de Rússia, China, Estados Unidos, Japão, Chile, África do Sul e outras praças no continente africano, o Brasil tem à frente o desafio de conquistar, nos próximos anos, consumidores na União Europeia, no México e na Coreia do Sul (ABIEPCS, 2013).

Santa Catarina é o maior estado produtores de suínos do Brasil, com 25,1% da produção Nacional, seguida pelo Rio Grande do Sul com 19,3% da produção (ABIEPCS, 2013).

A garantia da segurança alimentar é um requisito básico para o desenvolvimento do setor. No Brasil o programa de Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) estabelece na Circular nº 369 de 02 de junho de 2003, como “PCC’s (Pontos Críticos de Controles) mínimos de abate a contaminação da carcaça por fezes, ingesta ou leite (este último em caso de animais mamíferos)”, e que “não há limite de tolerância para a presença de fezes, ingesta ou leite nas carcaças”. O mesmo documento cita que são exemplos de ações corretivas para os desvios “a retirada da contaminação fecal das carcaças”. Este PCC descreve como limite a ausência de contaminação gastrointestinal e biliar nas carcaças e cita como exemplo a retirada desta através do corte. Atualmente as carcaças, após a evisceração e antes do toalete final com ducha de água, são inspecionadas uma a uma nas suas superfícies externas e internas. A parte da carcaça

contaminada passa por um toaleta a seco onde retira-se a contaminação fecal através do corte realizado com faca.

O PCC hoje nas linhas de abate de suínos é visual. As carcaças são visualmente analisadas e ao sinal de contaminação são retiradas através de corte com auxílio de facas.

Neste sentido, estudos em linhas de abate com diferentes alternativas, e validação de resultados positivos, são de extrema importância para a definição de procedimentos pelas indústrias frigoríficas no Brasil. Estes estudos, principalmente quando ocorrem na indústria, como este trabalho, podem ser alternativas viáveis para o controle da contaminação microbiana e podem contribuir de forma importante para a segurança dos alimentos.

1. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Reduzir a contaminação biológica superficial em carcaças suínas utilizando pressão de água e/ou ácido láctico.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a eficiência na redução da contaminação biológica superficial (e que não se espalhe na parte interna) variando a pressão de água no último chuveiro antes do resfriamento da carcaça;
- Avaliar a eficiência na redução da contaminação biológica superficial com diferentes concentrações de ácido láctico aplicado antes do resfriamento;
- Buscar alternativa para o Ponto Crítico de Controle na linha de abate de suínos que é visual, buscando uma alternativa baseada em critérios mensuráveis como a pressão de água e/ou a concentração de ácido láctico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mercado de Carnes

A indústria de carnes no Brasil vem se desenvolvendo contínua e rapidamente. Por muito tempo, esta indústria esteve mais preocupada com a produção de volume e voltada apenas ao mercado nacional. Aos poucos a indústria foi ocupando espaço no mercado internacional e atualmente tem um peso extremamente importante no suprimento mundial.

O Brasil é hoje o maior exportador de carnes de frangos e bovinos e está muito bem posicionado nas exportações de carnes suínas e perus. O mercado nacional segue sendo o maior cliente e absorve a maior parte da produção, o que serve como base firme da plataforma crescente de exportação (AVISITE, 2010).

A carne suína é a fonte de proteína animal mais importante no mundo, com a produção de 100 milhões de toneladas, das quais aproximadamente metade é produzida na China, e o restante na União Europeia (UE), nos Estados Unidos (EUA) e no Brasil, o quarto maior produtor e exportador, com 3% da produção, 11% das exportações e crescente inserção internacional.

O mercado internacional de carne suína movimenta US\$ 11,9 bilhões e 5,4 milhões de toneladas e se concentra em cinco importadores, com aproximadamente dois terços das importações mundiais (Japão, Federação Russa, México, Coreia do Sul e Hong Kong) e cinco exportadores com 96% das exportações mundiais (USDA, 2009).

Entretanto, os principais importadores estão fechados para a carne suína *in natura* brasileira em função de restrições sanitárias ao rebanho bovino relacionadas à não erradicação da febre aftosa (ICONE, 2004).

O Brasil passou de 83 mil para 580 mil toneladas exportadas de carne suína nos últimos 15 anos (expansão de mais de 600%). O principal concorrente é os Estados Unidos. O Brasil figura, hoje, em quarto lugar no ranking mundial de produção e exportação de carne suína. Depois de ter aberto os mercados de Rússia, China, Estados Unidos, Japão, Chile, África do Sul e outras praças no continente africano, o Brasil tem à frente o desafio de conquistar, nos próximos anos, consumidores na União Europeia, no México e na Coreia do Sul (ABIEPCS, 2013).

A carne suína brasileira em 2013 já tem entrada em 69 países. A abertura de uma praça importadora impulsiona novas aberturas. Foi o que aconteceu com a aprovação dos Estados Unidos à carne suína de Santa Catarina, a qual facilitou a recente entrada do produto catarinense no Japão. Houve o reconhecimento pela Organização Mundial da Saúde Animal (OIE) do status sanitário de Santa Catarina como livre de febre aftosa sem vacinação. Graças a isso, o Estado pode exportar para EUA, Japão e Chile (ABIEPCS, 2013).

Em 1998, a exportação era concentrada na Argentina, em Hong Kong e no Uruguai. Os três mercados, juntos, respondiam por 95% das vendas externas brasileiras. Até agosto de 2013, o Brasil já exportou carne suína para 69 países. Rússia, Hong Kong, Ucrânia, Angola, Cingapura e Uruguai são os maiores compradores. Os dez principais destinos absorvem 81% dos embarques. Em 1998, o Brasil exportava basicamente carcaça. Atualmente, as indústrias do setor vendem produtos de maior valor agregado, como cortes e miúdos, categorias que respondem por 85% das vendas ao exterior (ABIEPCS, 2013).

Outra mudança significativa em 15 anos foi a redução da dependência do mercado russo. Em 2010, a participação da Rússia nas vendas brasileiras de carne suína era de 43%. Nos últimos anos, tem oscilado entre 22% e 25%, depois de ter chegado a

quase 70%. Isso mostra a importância de diversificar mercados, o que é crucial para a atividade exportadora (ABIPECS, 2013).

3.2 Qualidade da carne

A saúde humana pode ser gravemente afetada pela ingestão de perigos físicos, químicos e biológicos veiculados através dos alimentos, e a consciência disso, em nível nacional e internacional, tem levado a grandes avanços na área da segurança de alimentos. Em muitos países, um progresso considerável tem sido alcançado, demonstrando que é possível diminuir e prevenir muitas Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA). Mesmo assim, um número inaceitável de DTA ocorre todos os anos, demonstrando que os controles na produção de alimentos ainda devem ser melhorados (TONDO e BARTZ, 2011).

A indústria de carnes se preocupa muito com os consumidores e por este motivo, qualquer aspecto que possa causar desconfiança ou rejeição do produto é de interesse da indústria (SOUZA et al., 2009).

A qualidade sanitária é indiscutivelmente necessária quando se trata de produzir alimentos. A regulamentação das exigências para comercialização, tanto nacional quanto internacional é cada vez mais ampla. Ainda há muito para melhorar, mas é preciso entender que na história da humanidade nunca os alimentos produzidos foram tão seguros quanto são atualmente. E serão melhores daqui para frente à medida que vão sendo implementadas melhorias exigidas pela sociedade (VIEIRA, 2008).

Neste sentido, os tratados de livre comércio entre as nações e, principalmente, o grande tratado que é gerido pela Organização Mundial do Comércio (OMC) são fundamentais. Além de preverem uma comercialização mais justa do ponto de vista dos países produtores de alimentos com reduções de subsídios, há um imenso avanço no que

diz respeito às normas técnicas (VIEIRA, 2008). Questionamentos relativos à qualidade microbiológica e toxicológica dos alimentos de origem animal têm sido remetidos para o *International Office of Epizootics* e ao *Codex Alimentarius*. Parece simples, mas finalmente a ciência passa a ser referência relativa a pendências de ordem comercial (VIEIRA, 2008).

A qualidade físico-química e, conseqüentemente, higiênico-sanitária de produtos cárneos depende de medidas que devem ser obedecidas desde o período pré-abate, até o momento do consumo. Após o abate e evisceração, muitas carcaças continuam com suas características microbiológicas inalteradas (ANDERSEN, 1995). É esperado que um animal saudável tenha a parte interna do músculo livre de contaminação.

Muitos autores afirmam que a contaminação da carne ocorre, inevitavelmente, durante os processos que conduzem à sua obtenção e este é o principal determinante da deterioração (DAINTY; MACKAY, 1992; HOLLEY; GILL, 2005; ERCOLINE et al., 2006).

Tompkin et al. (2001), relatam que a microbiota superficial de carcaças recém abatidas encontra-se entre 10^2 a 10^3 UFC/cm², sendo encontrada preferencialmente, bactérias mesófilas, originárias do trato gastrointestinal e da superfície externa (pele) dos animais.

Na indústria de carne, a poeira, a água e as fezes de animais que ficam aderidas à pele, são consideradas fontes de contaminação primária da contaminação direta das carcaças, tanto por micro-organismos do grupo dos clostrídios como do grupo das enterobactérias (BELL, 1997; MCEVOY et al., 2000).

3.3 Qualidade Sanitária

O controle das carnes no aspecto sanitário é bastante complexo. Historicamente a inspeção *post mortem* das carcaças e vísceras de animais abatidos é considerada essencial na proteção da saúde humana. Esta inspeção é fundamentada na expectativa de que o controle de doenças pode ser efetuado por meio da detecção de manifestações visíveis pela inspeção das carcaças e vísceras. Embora esta afirmativa, seja válida no caso de doenças como Aerossaculite e/ou processos inflamatórios (Artrite, Celulite, Dermatite, Salpingite e Coligranulomatose) entre outros, ela é questionável no caso de infecções por *Salmonella* sp., *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter* sp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* e outros patógenos potenciais, que têm nos animais seu reservatório natural, comportando-se os mesmos como portadores assintomáticos destas bactérias (ICMSF, 1980).

Nestas condições, fica evidente que seria irreal e inviável de ser alcançado qualquer padrão ou especificação microbiológica que estabeleça a exigência de ausência de patógenos potenciais em carnes frescas, quer não tenham sofrido qualquer tratamento bactericida ao longo de seu processo. Sendo assim são necessários todos os controles ao longo da cadeia produtiva para minimizar os riscos de contaminação por estes micro-organismos. Com este objetivo o primeiro procedimento é o de garantir uma boa qualidade microbiológica dos animais que chegam aos abatedouros, mediante a adoção de boas práticas de produção, uso de rações de qualidade microbiológica satisfatória e comprovada, e um programa de assistência veterinária aos rebanhos seriam componentes importantes dessas práticas (ICMSF, 1988).

Na indústria, ao longo do processo também são necessários uma série de procedimentos para minimizar a disseminação e proliferação de patógenos potenciais e outros contaminantes. A crescente preocupação que o tema “qualidade de alimentos”

tem despertado é notória e, concomitante, várias ferramentas de gestão da qualidade têm sido utilizadas na expectativa de atender a quesitos de idoneidade em respeito ao consumidor, visando oferecer um alimento seguro e, ao mesmo tempo contemplar as exigências de comercialização, principalmente as de exportação.

Tondo e Bartz (2011) citam os principais perigos biológicos e químicos das matérias primas utilizadas para a produção dos alimentos. Para a carne suína os principais perigos biológicos citados são: *Salmonella* spp., *E. coli* enteropatogênica, *Campylobacter* spp., esporos de *C. perfringens*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* e *Taenia solium*.

Conforme Olivo (2006) uma das formas de garantir o padrão de qualidade exigido pelo mercado interno ou externo é a conjugação de procedimentos definidos a partir da implantação de programas de qualidade, a saber: Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimento Padrão de Higiene Operacional e Pré-Operacional (PPHO), Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

Várias técnicas têm sido preconizadas com objetivo de controlar o processo de deterioração das carnes, envolvendo o uso de métodos físicos e químicos, entre outros, o emprego de refrigeração, o uso de atmosfera modificada, a descontaminação de carcaças pelo uso de ácidos orgânicos ou água aquecida e o emprego de irradiação (LAMBERT et al., 1991). Algumas operações do processamento determinam um aumento significativo da contaminação, inclusive permitem a multiplicação dos micro-organismos contaminantes, outras promovem a redução significativa da contaminação.

A segurança e qualidade dos alimentos como a carne *in natura* pode ser estimada pela contagem de micro-organismos indicadores (JAY, 2000; LOPES et al., 2007).

Muitos micro-organismos deteriorantes são também patogênicos para o ser

humano, ou indicam a presença destes. No caso de micro-organismos da família Enterobacteriaceae, deixa-se de ser apenas um problema de caráter econômico e torna-se também um problema de saúde pública. Destacam-se os tipicamente enteropatogênicos ao homem (*Salmonella e Shigella*) e outros que apresentam apenas alguns sorotipos enteropatogênicos como é o caso do gênero *Escherichia*, *Edwardsiella*, *Klebsiella*, *Proteus e Yersinia* (HOLT et al., 1994).

Grande parte destes micro-organismos patogênicos ou não, causam deterioração em carnes, os principais gêneros apontados como deteriorantes de carne e produtos cárneos são *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Proteus*, *Serratia*, *Escherichia e Yersinia* (BRENNER, 1992).

A maioria das espécies de enterobactérias se desenvolve bem a temperatura de 37°C, entretanto algumas têm temperatura ótima entre 25 e 30°C e são frequentemente mais ativas metabolicamente a estas temperaturas. Existem gêneros psicrotóxicos, frequentemente encontrados no solo, água e trato gastrointestinal dos seres humanos e animais (ICMSF, 2000; HOLT et al., 1994). Em temperaturas acima de 5°C, enterobactérias, geralmente predominam sobre as *Pseudomonas* sp. e são responsáveis pela deterioração. A presença de enterobactérias é frequentemente usada como indicador para possível contaminação fecal decorrente de inadequado processamento ou contaminação pós-processamento (TORNADIJO et al., 2001), associada com a manipulação da carne e superfícies de trabalho.

Tondo e Bartz (2011) caracterizam um surto alimentar pelo aparecimento de sintomas como diarreia, vômitos, dores de cabeça, etc., após a ingestão de um alimento contaminado. Uma grande variação na intensidade destes sintomas pode ocorrer: desde pessoas assintomáticas (sem sintomas) até aquelas que tiveram de ser hospitalizadas aos chegaram a óbito. Citam que duas ou mais pessoas, apresentando os mesmos sintomas,

após terem ingerido o mesmo alimento, já podem ser consideradas como surto, sendo que, para aqueles micro-organismos com severidades altas, como o *Clostridium botulinum*, a *Escherichia coli* O157:H7 e a *Listeria monocytogenes*, basta somente um caso para ser considerado um surto.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), doenças de origem alimentar possuem natureza infecciosa ou tóxica causadas pela ingestão de água ou alimentos contaminados com algum tipo de agente patológico. Também segundo a OMS, diarreias associadas ao consumo de alimentos e águas impróprias são as principais causas de mortes em países pobres, matando cerca de 1,8 milhões de pessoas por ano, principalmente crianças (ALVES, 2013).

Em países industrializados, doenças de origem alimentar afetam 30% da população anualmente. Esse tipo de enfermidade afeta certos grupos de risco com mais frequência, como: idosos, crianças, gestantes e pessoas imunocomprometidas. Assim, segurança alimentar é uma preocupação mundial, pois as doenças de origem alimentar, causam grandes efeitos na saúde dos indivíduos e de populações, além de onerar as despesas dos sistemas de saúde e a própria sociedade (ALVES, 2013).

As bactérias são os micro-organismos que mais contaminam os alimentos. Elas podem se multiplicar rapidamente caso encontrem um ambiente favorável, com nutrientes abundantes e temperatura adequada, além de umidade, concentração de oxigênio e pH adequados. Em países desenvolvidos, as bactérias patogênicas mais comuns em doenças alimentares são: *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Campylobacter* sp e *Salmonella* sp., sendo que as duas últimas estão associadas com doenças graves (ALVES, 2013).

As bactérias que mais causaram surtos de doenças transmitidas por alimentos, no Brasil, entre os anos de 2000 a Abril de 2013 foram: *Salmonella* sp. 1522 surtos, *S.*

aureus 759 surtos, *B. cereus* 295, *E. coli* 475, *C. perfringens* 198, *C. botulinum* 11, *Shigella* sp. 87, *Campyloacter* sp. 3. etiológico (ALVES, 2013).

Para que uma pessoa desenvolva sintomas de uma doença de origem alimentar, deve haver um número mínimo de células bacterianas, que consiste na dose infecciosa. Esse número varia entre as bactérias e depende, principalmente, do indivíduo afetado. Crianças, idosos, gestantes e pessoas imunodeprimidas adoecem mais facilmente que adultos saudáveis, mesmo quando expostas a um pequeno número de bactérias. Alguns exemplos de doses infecciosas (número de células) de algumas bactérias para adultos saudáveis: *Salmonella typhi* 10^4 - 10^9 , *Salmonella* (excluindo a *typhi*) 10^5 - 10^{10} , *Escherichia coli* (tipo patogênicos) 10^6 - 10^{10} , *Clostridium perfringens* 10^8 - 10^9 (FDA, 2001).

3.4 APPCC nas linhas de abate

No Brasil o programa de Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) foi instituído pela Circular nº 369 (BRASIL, 2003a), de 02 de junho de 2003, onde foram estabelecidos pela DCI/DIPOA como “PCC’s mínimos de abate a contaminação da carcaça por fezes, ingesta ou leite (este último em caso de animais mamíferos)”, e que “não há limite de tolerância para a presença de fezes, ingesta ou leite nas carcaças”. O mesmo documento cita que são exemplos de ações corretivas para os desvios “a retirada da contaminação fecal das carcaças”. Este PCC descreve como limite a ausência de contaminação gastrointestinal e biliar nas carcaças e cita como exemplo a retirada desta através do corte. Atualmente as carcaças, após a evisceração e antes do toailete final com ducha de água, são inspecionadas uma a uma nas suas superfícies externas e internas. A parte da carcaça contaminada passa por um toailete a seco onde retira-se a contaminação fecal através do corte (com faca).

Lima et al. (2004), estudaram a presença de *Salmonella* sp. e o número de *Staphylococcus aureus* na superfície de carcaças suínas para caracterizar os perigos microbiológicos em diferentes etapas do abate e pontos críticos de controle (PCCs) através da quantificação de riscos (*odds ratio*). Avaliaram com um total de 120 esfregaços superficiais de carcaça suína coletados em um matadouro-frigorífico, após o escaldamento/depilação (ponto A), antes da evisceração (B), após evisceração e serragem da carcaça (C) e após 24 horas de refrigeração (D). A *Salmonella* sp. foi encontrada com uma frequência média de 11,7% (14) nas carcaças, enquanto o número de *S. aureus* variou entre 1,2 e 1,5 log UFC/cm² em 11,7% das carcaças amostradas, sem evidenciar diferença estatística entre os pontos A, B, C e D. Concluíram que os riscos de contaminação por *Salmonella* spp. e *S. aureus* foram os mesmos nas etapas do abate de suínos consideradas neste estudo.

Atualmente na União Européia (UE) a legislação (regulamento CE nº 853/2004) que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos gêneros alimentícios de origem animal, no artigo 3º (2) sobre as obrigações gerais, menciona que “os operadores das empresas do setor alimentício não podem utilizar nenhuma substância além de água potável para remover qualquer eventual contaminação da superfície dos produtos de origem animal”. O referido regulamento não proíbe por completo a descontaminação química dos alimentos de origem animal, mas a aprovação está vinculada às prescrições rigorosas e só pode ser autorizada depois da European Food Safety Authority (EFSA) ter realizado uma análise de riscos (HUGAS; TSIGARIDA, 2008).

No entanto, o procedimento padrão em outros países é a lavagem da carcaça antes do sistema de resfriamento (KEMP et al., 2001). No Canadá este toailete é realizado após a ducha de lavagem e antes do sistema de resfriamento. Os tratamentos químicos das carcaças não são permitidos na Europa, no entanto, são aprovados nos Estados Unidos da América.

A água clorada é usada em vários países para controle do crescimento bacteriano, os níveis de cloro não devem exceder 50 ppm (BOLDER, 1997).

No Brasil, a portaria 711 de 1995 determina que existam três chuveiros na sala de matança de suínos, sendo um localizado logo após a sangria, outro na saída da chamada zona suja e o último após a plataforma de retirada do “unto”. Os chuveiros devem ser construídos em forma de box metálico, de aço inoxidável e com comprimento mínimo dependendo da velocidade do abate por hora. Deve ter água em forma de jatos em volume suficiente e pressão de 3 atm, provindo de instalações hidráulicas tubulares localizadas nas partes superior, mediana e inferior do box (BRASIL, 1995).

3.5 Remoção da contaminação de suínos após abate

A possibilidade de contaminação microbiana da superfície da carcaça de suínos em um matadouro é ampla, tanto por bactérias deterioradoras quanto por patogênicas (RIVAS et al., 2000).

No abate de suínos, normalmente não é retirado a pele. Em contraste com o abate de bovinos e ovinos onde a etapa de retirada da pele constitui uma importante fonte de contaminação das carcaças (ANTIC et al., 2010).

No abate de suínos, etapas como a escaldagem e a depilação com polimento resultam em superfícies que são visivelmente limpas e em grande parte sem pelos. No entanto, apesar dessa aparência as carcaças suínas podem ser altamente contaminadas. Sua pele constitui uma importante fonte de contaminação (GILL et al., 2000).

Comparando com as carnes que foram esfoladas de bovinos e ovinos para a retirada da pele, a superfície das carcaças suínas são relativamente mais lisas, facilitando assim o tratamento eficaz contra bactérias (LORETZ et al., 2011).

O processo de abate inclui algumas operações nas quais o número de bactérias pode diminuir, mas não inclui nenhuma etapa capaz de eliminá-las totalmente (RIVAS et al., 2000).

O'Connor et. al. (2012), fez uma grande revisão bibliográfica buscando sintetizar a prevalência de *Salmonella* sp. em suínos abatidos nos países da União Européia, Austrália, Canadá, Hong Kong, Japão, Coréia, México, Nova Zelândia, Taiwan e Estados Unidos. Nesta revisão foram recuperadas 6811 citações de pesquisas bibliográficas. Dezesesseis publicações, descrevendo 44 estudos, avaliando a presença de *Salmonella* em carcaças suínas. Os pontos de coleta das amostras foram nas seguintes etapas: atordoamento (insensibilização), sangria, escaldagem, depelagem, chamuscador, lavagem (polimento), retirar cabeça, eviscerar, dividir a carcaça, carimbar, lavagem final, imediatamente após resfriada e 18-48hs após resfriada. Setenta e oito comparações de prevalência de *Salmonella* sp. entre as etapas ao longo da linha de processo foram relatadas. Neste estudo, a prevalência média de *Salmonella* sp. em carcaça avaliadas no resfriamento foi de 0%. A prevalência média de *Salmonella* sp. após a sangria foi de 32%. Cinquenta e nove das 78 comparações etapa por etapa não tiveram nenhuma mudança ou tiveram uma diminuição na prevalência de *Salmonella* quando a carcaça aproximou-se do resfriamento. Dezenove etapa por etapa mostraram um aumento na prevalência de *Salmonella* da carcaça até o resfriamento e, destes, seis relataram um aumento superior a 10% na prevalência de *Salmonella*. A maior parte dos aumentos foi associada com pós-evisceração e divisão da carcaça. Estes resultados sugerem que os processos de transformação no abate geralmente resultam em diminuição da prevalência de *Salmonella* sp. com as carcaças movendo-se em direção a refrigeração.

A escaldagem e a chamuscagem são etapas normais no abate de suínos. Embora a intenção principal não seja a redução da contaminação bacteriana, estas etapas podem contribuir para a descontaminação de carcaças suínas (LORETZ et al., 2011).

O efeito bactericida da escaldagem, que é afetado pelas condições de tempo e temperatura, tem sido demonstrado em vários estudos (GILL & BRYANT, 1992; BORCH et al., 1996; RIVAS, VIZCAÍNO, & HERRERA, 2000; BOLTON et al., 2002; PEARCE et al., 2004 ; SPESCHA et al., 2006;). Por exemplo, escaldagem (59 a 62°C, 5 a 8,5 min) reduziram bactérias aeróbicas, coliformes e Enterobactérias de 3,1 a 3,8; 3,5 a 3,8 e 1,7 a 3,3 log UFC cm⁻², respectivamente (PEARCE et al., 2004; SPESCHA et al., 2006).

Em geral reduções menores são obtidas quando escaldagem e depilação são aplicadas em etapas combinadas. No estudo realizado por BOLTON et al., (2002), a combinação escaldagem-depilação resultou numa redução de bactérias aeróbicas de 1,3 log UFC cm⁻². RAHKIO, et al., (1992) investigaram o efeito da pré escaldagem com depilação no nível de contaminação das carcaças. A contaminação bacteriana nas carcaças depiladas foi levemente maior do que as do que as não depiladas em todo o processo de abate. Foi sugerido que isso pode ter ocorrido devido a laceração da pele na depiladeira onde os micróbios penetram nas carcaças e ficam protegidos durante a chamuscagem.

Os dados publicados sobre o efeito da chamuscagem nas reduções das carcaças de suíno são diferentes (GILL & BRYANT, 1992; RAHKIO et al., 1992; YU et al., 1999; RIVAS et al., 2000; BOLTON et al., 2002; BRYANT, BRERETON, & GILL, 2003; PEARCE et al., 2004; SPESCHA et al., 2006;). Em vários estudos a redução de bactérias aeróbias, coliformes e enterobactérias foram na faixa de 1,8 a 2,8 ordens de magnitude (RAHKIO et al., 1992; YU et al., 1999; BOLTON et al., 2002; PEARCE et

al., 2004; SPESCHA et al., 2006). As diferenças na redução de bactérias estão provavelmente relacionadas devido a exposição desigual às chamas (SPESCHA et al., 2006). YU et al.(1999) investigou a eficácia de duas etapas de chamuscagem. Na primeira chamuscagem após o primeiro polimento a redução de bactérias aeróbicas e de coliformes foi de 1,2 a 2,1 log UFC cm⁻², enquanto na segunda chamuscagem após o segundo polimento rendeu reduções entre 0,5 e 1,6 log UFC cm⁻².

A atividade antibacteriana da refrigeração sobre carcaças de carne vermelha é baseada principalmente na dessecação da superfície obtida pela alta velocidade do ar (SPESCHA et al., 2006). O ar convencional da refrigeração das carcaças (estágio simples) pode ser complementado com ar frio a alta velocidade (SAVELL, MUELLER, & BAIRD, 2005; NESBAKKEN, ECKNER, & ROTTERUD, 2008). Além disso, aspersão e ventilação são também conhecidos como processos de refrigeração de carcaças (SAVELL et al.,2005).

Em carcaças suínas foram inoculadas em sua superfície bactérias e submetidas a refrigeração com alta velocidade de ar (6,1 m s⁻¹, -20°C, 3 horas) seguido por refrigeração com ar convencional (0,5 m s⁻¹, 4°C, 21 horas). Resultou em reduções de Coliformes, *E. coli* e *Campylobacter* (C.) coli na ordem de 1,9 a 4 log UFC cm⁻², de bactérias aeróbicas na ordem de 1,4 a 2,1 log UFC cm⁻², de *Listeria monocytogenes* e *Salmonella thphimurium* na ordem de 0,4 a 1,1 log UFC cm⁻² (CHANG, MILLS, & CUTTER, 2003). Usando apenas refrigeração com ar convencional (0,5 m s⁻¹, 4°C, 24 horas) mostrou reduções ligeiramente menores do que combinados com a refrigeração com alta velocidade de ar (CHANG et al.,2003).

Dados publicados indicam que sobre condições comerciais os resultados do resfriamento podem aumentar, reduzir ou não alterar a contaminação por bactérias, dependendo da temperatura, velocidade do ar, umidade, espaço entre as carcaças e a

duração do resfriamento (GILL et al., 2000; BOLTON et al., 2002; SPECHA et al., 2006; NESBAKKEN et al., 2008; LENAHAN et al., 2009).

SPESCHA et al. (2006), investigaram a eficiência antibacteriana de um processo comercial de abate comparando a refrigeração com alta velocidade de ar e o resfriamento convencional em carcaças com contaminação natural (não inoculadas artificialmente). Inicialmente eram submetidas ao ar 8,0 m/s, a -8°C por 45 minutos e em seguida ao resfriamento a 2°C e 1 m/s. Houve uma redução de bactérias aeróbicas de 0,2 a 0,8 log UFC cm⁻² e de Enterobactérias de 0,5 a 2,1 log UFC cm⁻², enquanto que, quando as carcaças foram submetidas em um estágio único de refrigeração a 2°C e 4 m/s as reduções de Enterobactérias ficaram entre 0,3 e 1,3 log UFC cm⁻². Dependendo da área em que foram retiradas as amostras da carcaça, as reduções nas contagens podem variar consideravelmente. Especialmente na área do pescoço, onde tendem a ter reduções inferiores, provavelmente devido a ficarem com água residual e de ser limitado o acesso de ar nessa localização.

Por outro lado no estudo realizado por Nesbakken et al. (2008), o resfriamento com ar forçado por uma hora não demonstrou nenhuma redução nas bactérias aeróbicas, coliformes e enterobactérias da flora natural. Ainda esses autores relatam um decréscimo claro na positividade de *Campylobacter* nas carcaças suínas.

Schwartz (2000) relata que o conteúdo intestinal de suínos pode ser fonte importante de contaminação cruzada em carcaças. Bessa et al. (2004), estudou a prevalência de *Salmonella* sp. em suínos abatidos em frigoríficos do estado do Rio Grande do Sul e constatou que em 300 suínos amostrados foi possível isolar *Salmonella* sp. em 167 (55,66%). Dentre esses animais, 53 apresentavam *Salmonella* em linfonodos mesentéricos, 55 em conteúdo intestinal e 59 em ambos (linfonodos e conteúdo intestinal).

Gamarra (2007), estudou os pontos críticos de presença de *Salmonella* em um abate frigorífico, com lotes de produtores integrados e com lotes de mercado (terceiros), constatando a presença de *Salmonella* sp. em 81,25% das amostras de fezes analisadas.

Smulders et al. (2011) investigaram a redução do número de *Pseudomonas fragi* e *Yersinia enterocolitica* inoculadas (6-7 log CFU/cm²) em amostras de pele e barriga de carcaças suínas submetidas a pressões negativas e também seguidas de tratamento por 15s com spray de água a 55°C. Ambos os tratamentos exerceram redução na ordem de 2- 4 log na contaminação.

Dal Pissol (2011) avaliou a contagem microbiana de *E. coli* e Enterobactérias, após a linha de evisceração quando as carcaças de frango foram submetidas a duchas com diferentes pressões de água (1,5; 3,5 e 5kgf/cm²) e diferentes concentrações de dicloro (0; 5 e 10 ppm), após ter contaminado com fezes as sobrecoxas de um lado da carcaça e do outro lado não. O experimento demonstrou que não há diferença significativa entre a carcaça com contaminação e sem contaminação fecal aparente, após a passagem pela ducha de lavagem. Nos experimentos realizados a pressão demonstrou maior influência que a concentração de coadjuvante tecnológico.

3.6 Ácidos Orgânicos

Os ácidos orgânicos têm sido amplamente utilizados principalmente no controle de *Salmonella* spp., embora exerça também um controle sobre outras bactérias. O modo de ação dos ácidos orgânicos (acético, fórmico e láctico) é atribuído pela redução direta do pH intracelular por ionização dos ácidos não dissociados (BARBOSA & TORRES, 1999).

A ação inibidora dos ácidos orgânicos na forma não dissociada é de 100 a 600 vezes maior do que a forma dissociada. Os ácidos orgânicos não dissociados podem

permeiar a membrana celular por difusão e liberar prótons no citoplasma célula. O influxo de prótons induz a acidificação do citoplasma e dissipa o potencial de prótons da membrana (EKLUND, 1983). Isto inibe o mecanismo de transporte de substrato, geração de energia e a síntese de macromoléculas (DIEZ-GONZALES; RUSSEL, 1997).

Para Silva et al., (2008), a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos na higienização de carnes resulta de sua ação lipofílica, durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do micro-organismo, acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes. Para Adams (1999) a eficácia dos ácidos orgânicos puros ou combinados é o resultado da concentração, pKa e da capacidade de quelação dos ácidos. Segundo o autor os ácidos orgânicos tem sido considerados como responsáveis pela quebra no metabolismo de aminoácidos, síntese do DNA e metabolismo energético dos micro-organismos. Os ácidos diminuem o pH intracelular e podem causar alteração na permeabilidade da membrana com o bloqueio do substrato do sistema de transporte de elétrons. Os ácidos lipofílicos fracos como láctico, acético ou propiônico são capazes de passar através da membrana celular de micro-organismos em seu estado não dissociado e dissociam-se no interior da célula, produzem íons H^+ que diminuem o pH da célula. As células reagem eliminando os prótons tentando manter o pH constante e esse mecanismo faz com que o gasto energético seja maior, reduzindo o crescimento celular microbiano. Por sua vez os anions $RCOO^-$ do ácido, impedem a síntese de DNA fazendo com que a proteína não se replique (CHOCT, 2004).

Apenas alguns poucos estudos investigaram a eficácia antibacteriana dos ácidos orgânicos em carcaças de suínos naturalmente contaminados em condições comerciais (LORETZ, 2011).

3.6.1 Ácido láctico na redução da contagem microbiana superficial em carcaças

Lawson et al. (2009), afirmam que a redução logarítmica utilizando ácido láctico é proporcional ao nível de contaminação de carcaças.

Cattani et al. (2011), avaliaram microbiologicamente a aspersão de ácido láctico 1,5% em uma linha de abate, logo após o último chuveiro e antes do resfriamento, 76 carcaças suínas através de swabs de esponja em quatro pontos: pernil, costela, lombo e papada. A redução logarítmica alcançada foi de 0,54 log na redução de microorganismos, não sendo estatisticamente significativa a nível de 95%. Concluíram que a descontaminação de carcaças é uma opção relevante nos casos em que a prevalência de patógenos nas carcaças deve ser reduzida a níveis que não são obtidos através de práticas de higiene no abate.

Pipek et al. (2005), avaliaram em condições industriais, a redução de microorganismos mesófilos e psicotróficos na superfície de carcaças suínas, quando submetidas a vapor seguido por tratamento com pulverização de 2% de ácido láctico. A aplicação foi feita após 30 minutos do abate e avaliaram as carcaças imediatamente após o tratamento e durante o armazenamento refrigerado até cinco dias, onde concluíram que o tratamento foi eficaz reduzindo a contagem superficial imediatamente e retardou o crescimento durante a estocagem, podendo ser usado para prolongar o *shelf life* e aumentar a segurança alimentar.

No estudo realizado por Prasai et al. (1992), com spray de ácido láctico a 1% com 4,1 bar de pressão e a 55°C foram utilizados antes da evisceração ou no fim do abate. Reduzindo a ocorrência de bactérias aeróbicas de 0,2 a 0,9 log UFC cm⁻².

O spray com ácido láctico a 2% com pressão de 1,4 bar também reduziu a prevalência de *Campylobacter* e *Salmonella* nas carcaças suínas (EPLING et al., 1993).

Fu, Sebranek & Murano (1994) reportaram reduções de bactérias aeróbicas em carcaças suínas de 0,7 a 1 log UFC g⁻¹ após utilizarem spray com 1,5% de ácido acético ou ácido cítrico enquanto o ácido láctico não demonstrou ter nenhum efeito.

Já no trabalho apresentado por Pipek et al.(2006), a combinação de tratamentos com spray de ácido láctico a 2% e a 45°C e vapor resultou na redução de mesófilos e psicrófilos de 0,6 a 1,3 e de 1,7 a 1,8 log UFC g⁻¹ respectivamente.

Em partes da superfície de carcaças suínas inoculadas em condições laboratoriais onde foram aplicado spray de ácido láctico variando a concentração de 1 a 2% a uma temperatura de 55°C e por 0,5 minutos foram observadas reduções de bactérias aeróbicas e de Enterobactérias entre 0,4 a 1,7 log UFC cm⁻². Aumentando a concentração de ácido láctico para 5% a 55°C e por 0,5 a 1,5 minutos reduziram a concentração de bactérias aeróbicas e de Enterobactérias de 1 a 1,7 e 2,7 log UFC cm⁻², respectivamente (VAN NETTEN, et al., 1997).

No estudo de Fabrizio & Cutter (2004) com spray de ácido láctico a 2% por 15 segundos em partes de carcaças suínas que foram inoculadas, observou-se redução de bactérias aeróbicas, coliformes, *E.coli*, *Listeria monocytogenes* e *Salmonella Typhimurium* entre 1,1 e 1,8 log UFC cm⁻².

No Brasil o ácido láctico é liberado para uso em carnes pela Portaria 1004 da ANVISA como acidulante e em quantidade suficiente. Porém como nos frigoríficos brasileiros a fiscalização ocorre pelo Ministério da Agricultura, nenhum tipo de agente químico é permitido para o uso direto em carcaças por este ministério.

Atualmente na União Européia (UE) a legislação (regulamento CE nº 853/2004) que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos gêneros alimentícios de origem animal, no artigo 3º (2) sobre as obrigações gerais, menciona que “os operadores das empresas do setor alimentício não podem utilizar nenhuma substância além de água

potável para remover qualquer eventual contaminação da superfície dos produtos de origem animal”. O referido regulamento não proíbe por completo a descontaminação química dos alimentos de origem animal, mas a aprovação está vinculada às prescrições rigorosas e só pode ser autorizada depois que a European Food Safety Authority (EFSA) tenha realizado uma análise de riscos.

No entanto, o procedimento padrão em outros países é a lavagem da carcaça antes do sistema de resfriamento. No Canadá este toailete é realizado após a ducha de lavagem e antes do sistema de resfriamento. Os tratamentos químicos das carcaças não são permitidos na Europa, no entanto, são aprovados nos Estados Unidos da América.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção estão apresentados o material e métodos utilizados nas análises das carcaças. Os experimentos foram desenvolvidos em um frigorífico de suíno localizado na região Sul do Brasil e que possui Serviço de Inspeção Federal permanente. A contagem inicial e cada um dos experimentos, foram realizados em diferentes dias de produção.

4.1 Preparo das Amostras

Nos experimentos, avaliou-se o efeito de diferentes pressões de água e concentrações do ácido lático na contagem microbiana (contagem de mesófilos, enterobactérias e a presença de *Salmonella*) das carcaças suínas antes e após o último chuveiro (Figura 1), antes de serem resfriadas.

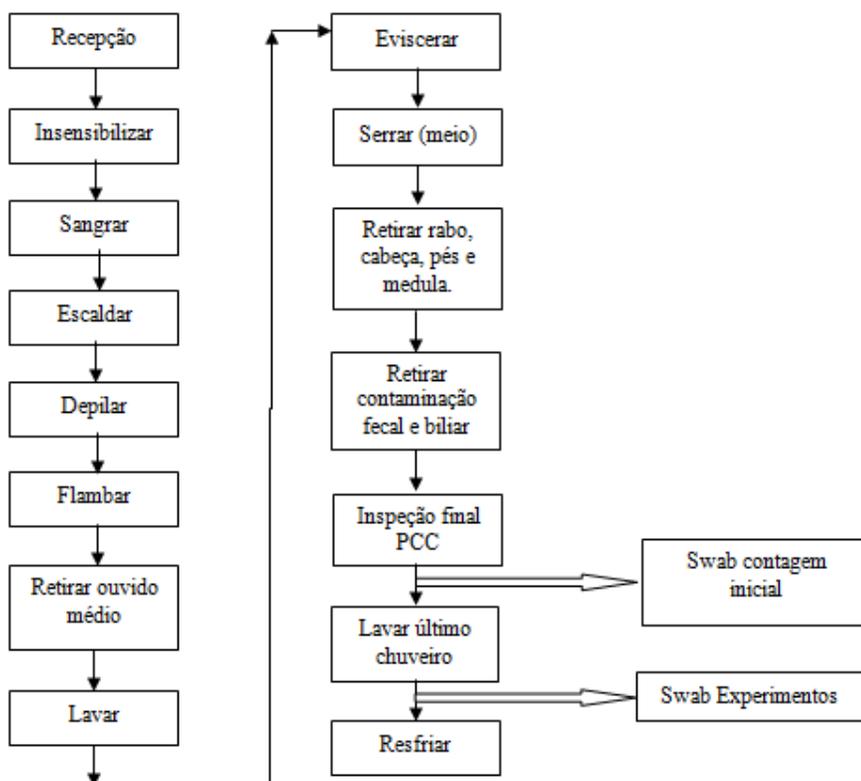


Figura 1: Fluxograma do Processo de abate de suínos e localização dos pontos onde foram coletadas as amostras.

A coleta de amostras foi realizada pela aplicação de swabs (Esponja 3M), utilizando um delimitador de aço inox de 10x10 cm. Os swabs de 100 cm² foram coletados no pernil, lombo, barriga e papada da carcaça suína de forma asséptica (Figura 2). Em cada um dos pontos, esfregou-se com a esponja na vertical, de cima para baixo e com movimentos laterais da esquerda para direita (10 movimentos), repetindo-se os movimentos com o outro lado da esponja, para posteriormente recolocar a esponja na embalagem original.



Figura 2: Locais onde foram coletados os Swabs de esponja para a contagem inicial das carcaças.

Inicialmente, avaliou-se a contagem microbiológica das carcaças antes de entrarem no chuveiro (aspersor), ou seja, no ponto em que atualmente está localizado o PCC – Ponto Crítico de Controle (Figura 1). Para isso, separou-se 24 carcaças suínas no

final do dia de abate, pois é neste momento em que tem-se teoricamente o abate com maior contaminação, ou seja, com a maior contagem microbiana.

Para tanto, utilizou-se 12 carcaças normais do abate, onde visualmente não apresentavam contaminação aparente (SC) e em 12 carcaças com alta contaminação aparente. Neste último caso, as carcaças foram contaminadas com material fecal do intestino de suínos recém abatidos.

As fezes foram coletadas após a evisceração, retirando-se com o auxílio de uma faca da porção fecal do intestino que estivesse mais cheio entre os últimos 10 suínos abatidos naquele dia. Os intestinos foram abertos, coletou-se o material fecal e distribuiu-se manualmente, numa área de aproximadamente 1cm², região onde posteriormente foi realizado o swabs, ou seja, nas porções do pernil, lombo, barriga e na papada dos suínos. Desta maneira, simulou-se as situações onde as carcaças possuíam um alto grau de contaminação, com quatro pontos com presença de fezes (CC).

4.2 Delineamento Experimental

4.2.1 Efeitos da pressão do aspersor e do ácido láctico na descontaminação fecal

A influência da pressão e concentração de ácido láctico sobre a descontaminação fecal foram avaliadas por um delineamento composto central - Planejamento fatorial 2², com 3 repetições no ponto central (HAALAN, 1989). Os ensaios foram conduzidos em um chuveiro de lavagem (spray) das carcaças, localizado ao final da linha de evisceração (Figura 1), após o PCC, antes de entrar no sistema de resfriamento. As variáveis independentes e os respectivos níveis encontram-se descritos na Tabela 1. As variáveis temperatura da água (22 a 23°C), tempo de contato (15 segundos) e número de bicos aspersores (32, sendo 16 de cada lado) foram fixadas. As variáveis dependentes

(respostas) analisadas nas carcaças foram: contagem de mesófilos, enterobactérias e presença ou ausência de *Salmonella* sp. com contaminação prévia das carcaças, e sem contaminação prévia das carcaças.

Tabela 1. Variáveis independentes e níveis testados no planejamento fatorial 2².

Variáveis Independentes*	Níveis		
	+1	0	-1
Pressão da rede de água (bar)	4	3	2
Concentração de ácido láctico (%)	2	1	0

* Variáveis Fixas: Temperatura da água: 22 a 23°C, Tempo da passagem das carcaças pelo equipamento (chuveiro de lavagem): 15 segundos; Número de bicos aspersores: 32 (16 de cada lado).

A avaliação das contagens microbiológicas foram realizadas após o último chuveiro. Foi instalado um manômetro com escala em bar, na tubulação de acesso ao chuveiro para regular a pressão de água e a pulverização do ácido láctico (cerca de 3,45 ml por cada ponto aplicado: pernil, lombo, barriga e papada) foi realizada com auxílio de um aplicador de 500 ml (Figura 3).

Os swabs foram realizados após 10 minutos da aplicação do ácido láctico. Foram analisadas carcaças normais, as que não eram visíveis nenhum tipo de contaminação e as carcaças contaminadas com fezes, conforme o procedimento descrito anteriormente.

Em cada experimento foram coletados os swabs de esponja em 5 carcaças normais de linha e 5 carcaças contaminadas, perfazendo um total de 70 carcaças analisadas nesta etapa. Nas carcaças analisou-se a contagem de mesófilos e enterobactérias.

Com base nos resultados da etapa anterior, como não é permitido o uso de ácido láctico em carcaças suínas na legislação brasileira, foi avaliada o aumento de pressão de água no chuveiro utilizando-se 8 bar, que corresponde ao dobro da pressão utilizada no planejamento. Neste caso, também foram separadas 24 carcaças suínas no final do dia

de abate, onde foram efetuados swabs em 12 carcaças normais do abate, onde não era visível nenhum tipo de contaminação e, nas outras 12 carcaças, simulou-se uma alta contaminação. Nas carcaças analisou-se a contagem de mesófilos e enterobactérias.

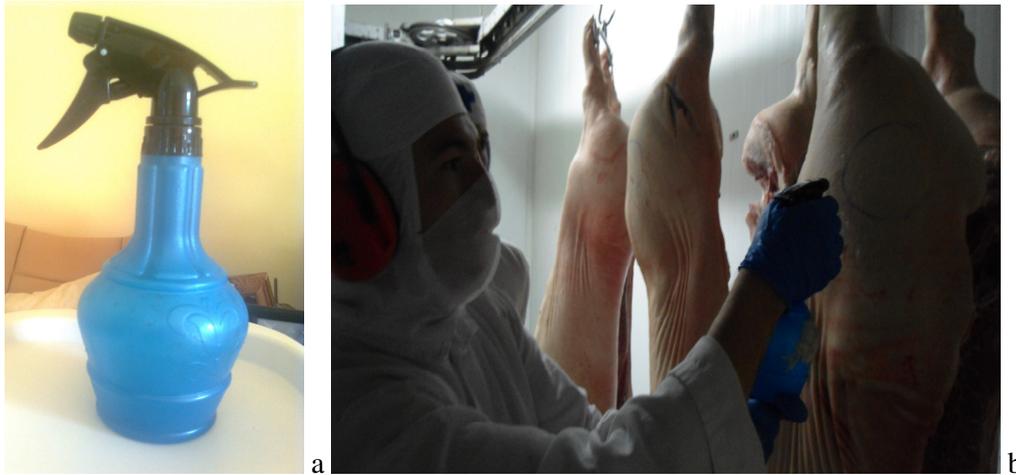


Figura 3: Aplicador de 500 mL utilizado para pulverizar as soluções de ácido láctico nas carcaças (a) e aplicação manual do ácido láctico com o pulverizador, aplicando cerca de 3,45 ml em cada ponto (b).

4.2.2 Validação Experimental

Após avaliados os resultados dos experimentos, foram repetidos as análises para validar o experimento com a menor contagem microbiana (de mesófilos e enterobactérias). Essas análises microbiológicas foram importantes para a validação do melhor experimento e a confirmação de que realmente esse experimento foi eficaz no controle microbiológico das carcaças. Nesta etapa, também foram analisadas a presença e ausência de *Salmonella sp*, para comparar com a etapa de contagem inicial, onde também foi analisado a presença ou ausência de *Salmonella sp*.

Além disso, foram também realizadas análises microbiológicas de contagem de enterobactérias, na parte interna das carcaças. Foram coletadas amostras de diafragma, que é o tecido que recobre as costelas dos suínos. Estas análises foram realizadas para

saber se a contaminação estava sendo espalhada com a pressão de água para a parte interna das carcaças.

Foram repetidas as condições do melhor experimento, avaliando-se 30 carcaças, sendo 15 sem contaminação visível e 15 com contaminação visível. Nas 15 com contaminação foram avaliadas a contagem de enterobactérias coletando o diafragma na parte interna da carcaça.

4.3 Análises microbiológicas

Para as análises microbiológicas, foram utilizados swabs do tipo esponja da 3M que foram previamente hidratados com 10 mL de água peptonada a 0,1%. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por mL (UFC/mL) ou pelo seu logaritmo (Log_{10} UFC/mL).

Na validação do experimento além dos swabs do tipo esponja, foram coletadas com auxílio de uma pinça e faca esterilizadas cerca de 30 gramas de diafragma, que é o tecido que recobre as costelas dos suínos. As amostras foram preparadas pesando-se 25g em saco estéril e acrescentando-se 225 mL de água peptonada 0,1%, homogeneizando-se a mistura no stomacher por 2 minutos.

Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por grama (UFC/g) ou pelo seu logaritmo (Log_{10} UFC/g).

4.3.1 Contagem de Mesófilos

A contagem de Mesófilos foi realizada em placa Petrifilm para contagem de aeróbios (3M, Sumaré, Brazil). A análise seguiu a Instrução Normativa nº 62, de 26/08/03 – Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água - Ministério da Agricultura e do Abastecimento –

MAPA, Brasil. Ofício Circular nº 02 Micro/CGAL/2010, de 26/04/2010 – Métodos Alternativos Aprovados – MAPA, Brasil. Instruções de uso das placas para contagem de aeróbios – Petrifilm – 3M Método validado AOAC nº 990.12.

4.3.2 Contagem de Enterobactérias

A contagem de Enterobacteriaceae foi realizada em placas Petrifilm 3M (3M, Sumaré, Brazil), utilizando método validado AFNOR nº 3M 01/6-09/97 e Instrução Normativa nº 62, de 26/08/03, MAPA (BRASIL, 2003b).

4.3.3 Presença de *Salmonella*

Foi utilizado o Sistema BAX[®] que direciona a análise na estrutura genética da bactéria através da detecção de fragmentos do DNA do micro-organismo que se quer encontrar na amostra. Utiliza a tecnologia da reação em cadeia de polimerase (PCR) automatizada e em tempo real, que rapidamente cria milhões de cópias do fragmento de DNA alvo, se este estiver presente na amostra.

O método está em acordo com a Instrução Normativa nº 40, de 12/12/05 – Métodos Analíticos Alternativos Oficiais para Isolamento e Identificação de *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* e *E. coli* em Produtos de Origem Animal - Ministério da Agricultura e do Abastecimento – MAPA, Brasil. A análise de *Salmonella* foi realizada somente para os experimentos com aumento de pressão de água (8 Bar).

4.4 Análise estatística

Os resultados das determinações microbiológicas (experimentos de validação)

foram submetidos à análise de variância seguida de teste de Tukey para comparação entre as médias dos resultados ao nível de significância de 5 % ($p < 0,05$). Para tratamento dos dados do planejamento fatorial e dos experimentos de validação utilizou-se o Software STATISTICA versão 7.0 (StatSoft Inc®, USA).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Avaliações da contagem de bactérias mesófilas nas carcaças

A Tabela 2 apresenta matriz do planejamento fatorial 2² (valores codificados e reais) e as respostas das contagens de bactérias mesófilas nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

Tabela 2. Matriz do planejamento fatorial 2² (valores codificados e reais) e as respostas das contagens de bactérias mesófilas nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

Experimento	Variáveis independentes		*Contagem de bactérias mesófilas (Log UFC/cm ²)	
	Pressão de	Concentração	Carcaças sem	Carcaças
	água (bar)	ác. láctico (%)	contaminação	contaminadas
(a)	0.0	0.0	4.91 ^a	7.47 ^a
1	-1 (2.0)	-1 (0.0)	4.65 ^b	6.10 ^b
2	-1 (2.0)	+1 (2.0)	5.61 ^a	5.62 ^b
3	+1 (4.0)	-1 (0.0)	5.58 ^b	5.90 ^b
4	+1 (4.0)	+1 (2.0)	4.36 ^b	5.95 ^b
5	0 (3.0)	0 (1.0)	3.81 ^c	5.92 ^b
6	0 (3.0)	0 (1.0)	4.22 ^{bc}	4.49 ^b
7	0 (3.0)	0 (1.0)	3.82 ^c	4.45 ^b

(a) Contaminação inicial; * Média das contagens nas colunas, seguidas de letras iguais indicam não haver diferença significativa à nível de 5% (Teste de Tukey).

Para facilitar a comparação entre os resultados, os mesmos estão apresentados em forma de gráfico (Figura 4) onde são mostradas as contagens de bactérias mesófilas inicial e nos tratamentos 1 ao 7, nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

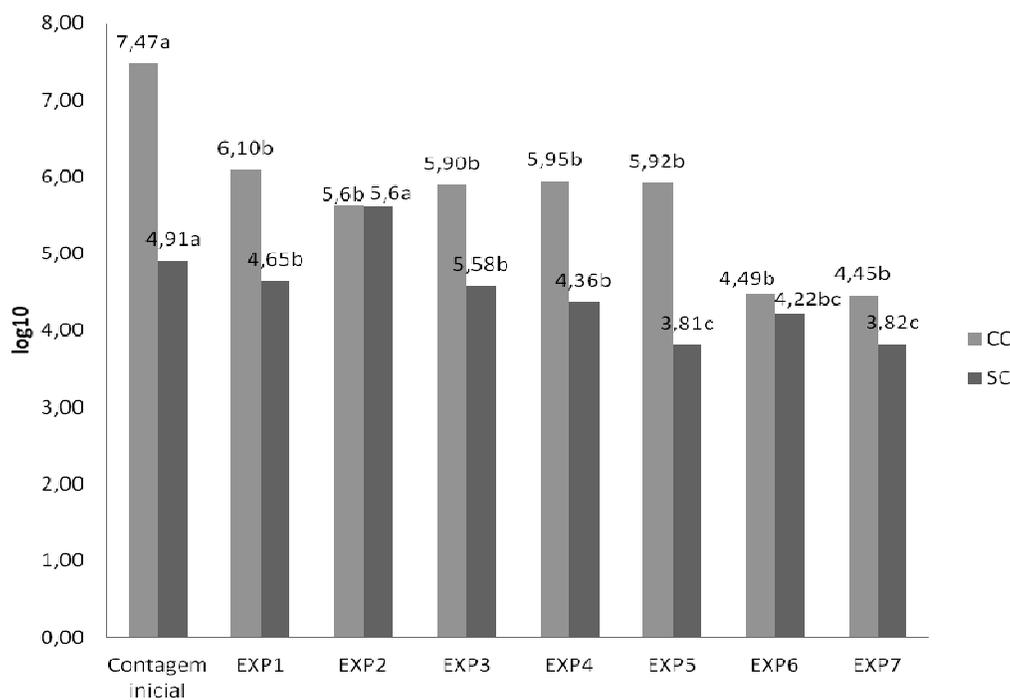


Figura 4: Contagens de bactérias mesófilas inicial (Log UFC/cm²), e nos tratamentos 1 ao 7 nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC). * Média das contagens nas colunas, seguidas de letras iguais indicam não haver diferença significativa à nível de 5% (Teste de Tukey).

Observa-se uma redução significativa na contagem em todos os experimentos em relação a contagem inicial (antes do PCC), para as carcaças que foram previamente contaminadas. No experimento 2 (pressão de 2 bar e 2% de ácido láctico), as amostras sem contaminação prévia apresentaram uma contagem estatisticamente igual a contagem inicial. Embora diferentes carcaças sem contaminação prévia apresentem contagens semelhantes, eventualmente determinados lotes podem apresentar contaminações elevadas, o que pode explicar o resultado encontrado.

Nas carcaças com contaminação por material fecal a redução em relação a contagem inicial, variou de 3,03 log no experimento 7 (3 bar de pressão e 1% de ácido

lático) até 1,37 log no experimento 1 (2 bar de pressão e sem ácido lático). Nas carcaças sem contaminação, com exceção ao experimento 2, a redução variou de 0,26 log no experimento 1 (2 bar de pressão sem ácido lático) até 1,1 log no experimento 5 (3 bar de pressão e 1% de ácido lático).

Esses valores são semelhantes ao encontrados por Cattani et al. (2011), que avaliaram microbiologicamente 76 carcaças suínas com a aspersão de ácido lático 1,5% em uma linha de abate, logo após o último chuveiro e antes do resfriamento, sem contaminação prévia das carcaças. A redução logarítmica alcançada foi de 0,54 log, não sendo estatisticamente significativa a nível de 95%, diferente do resultado apresentado em que foi verificada redução com diferença estatística a nível de 95% em quase todos os experimentos.

Pipek et al. (2006), avaliaram em condições industriais a redução de micro-organismos mesófilos e psicrotróficos na superfície de carcaças suínas, quando submetidas ao vapor seguido por tratamento com pulverização de 2% de ácido lático. A aplicação foi feita após 30 minutos do abate e avaliaram as carcaças imediatamente após o tratamento e durante o armazenamento refrigerado até cinco dias. Concluíram que o tratamento foi eficaz reduzindo a contagem superficial imediatamente e retardando o crescimento durante a estocagem.

Rivas et al. (2000) concluíram que o processo de abate inclui algumas operações, nas quais o número de bactérias pode diminuir, mas não inclui nenhuma etapa capaz de eliminá-las totalmente. Lawson et al. (2009), afirmam que a redução logarítmica utilizando ácido lático é proporcional ao nível de contaminação de carcaças.

A Figura 5 apresenta os gráficos de Pareto com os efeitos estimados das variáveis pressão de água (bar) e concentração de ácido lático sobre a contagem de

bactérias mesófilas de carcaças com contaminação prévia (CC) e sem contaminação (SC).

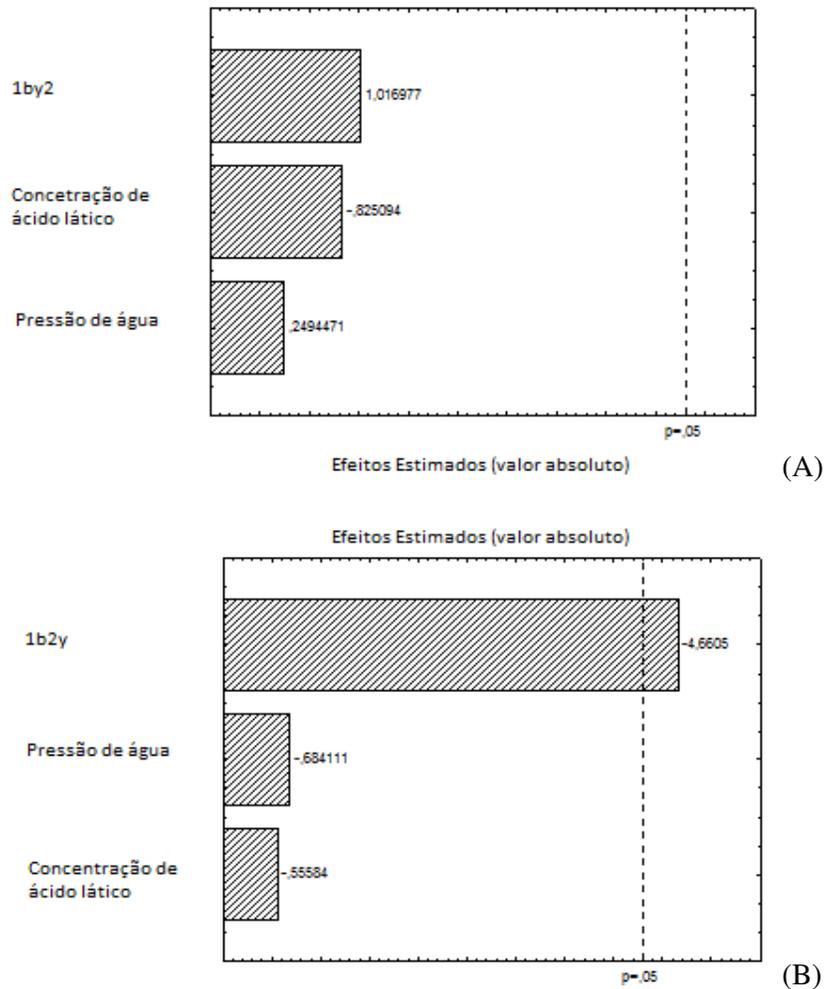


Figura 5: Gráfico de Pareto com efeito estimado das variáveis estudadas no planejamento experimental 2^2 , para contagem de bactérias mesófilas em carcaças com contaminação prévia (A) e sem contaminação (B), respectivamente.

Observa-se que somente a interação entre as variáveis independentes apresentaram efeito significativo ($P < 0.05$) negativo sobre a contagem de bactérias mesófilas sem contaminação, ou seja, o aumento na pressão da água associado ao uso de ácido láctico provocam as maiores reduções na contagem de bactérias mesófilas em carcaças sem contaminação prévia.

5.2 Avaliação da contagem de Enterobactérias nas carcaças

A Tabela 3 apresenta a matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores codificados e reais) e as respostas das contagens de enterobactérias nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

Tabela 3. Matriz do planejamento fatorial 2^2 (valores codificados e reais) e as respostas das contagens de enterobactérias nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

Experimento	Variáveis independentes		*Contagem de enterobactérias (Log UFC/cm ²)	
	Pressão de água (bar)	Concentração ác. lático (%)	Carcaças sem contaminação	Carcaças contaminadas
(a)	0.0	0.0	3.35 ^a	7.07 ^a
1	-1 (2.0)	-1 (0.0)	1.48 ^b	6.24 ^a
2	-1 (2.0)	+1 (2.0)	3.83 ^a	4.42 ^b
3	+1 (4.0)	-1 (0.0)	1.00 ^c	5.00 ^b
4	+1 (4.0)	+1 (2.0)	1.46 ^b	4.34 ^b
5	0 (3.0)	0 (1.0)	0.93 ^c	3.06 ^c
6	0 (3.0)	0 (1.0)	1.40 ^b	3.60 ^c
7	0 (3.0)	0 (1.0)	1.20 ^b	3.39 ^c

(a) Contaminação inicial; * Média das contagens nas colunas, seguidas de letras iguais indicam não haver diferença significativa à nível de 5% (Teste de Tukey).

Para facilitar a comparação entre os resultados, os mesmos são apresentados em forma de gráfico (Figura 6) onde são mostradas as contagens de enterobactérias inicial e

nos tratamentos 1 ao 7, nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

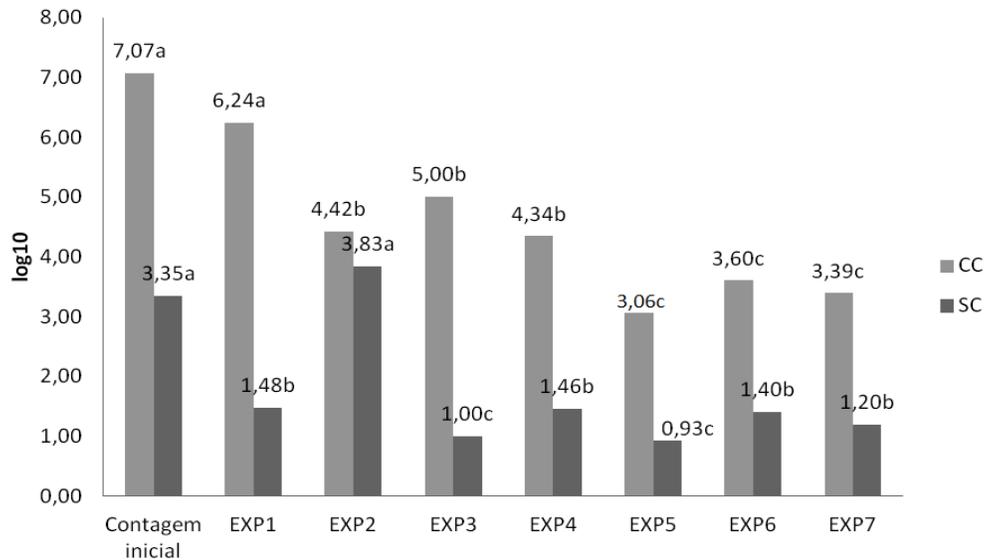


Figura 6: Contagens de enterobactérias inicial (Log UFC/cm²), e nos tratamentos 1 ao 7 nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC). * Média das contagens nas colunas, seguidas de letras iguais indicam não haver diferença significativa à nível de 5% (Teste de Tukey)

Observa-se uma redução significativa ($p < 0.05$) na contagem em quase todos os experimentos em relação a contagem inicial (antes do PCC). Exceto no experimento 2 (pressão de 2 bar e 2 % de ácido láctico), com carcaças não contaminadas com conteúdo intestinal, as quais apresentaram uma contagem maior (0,48 Log UFC/cm²) em relação a contagem inicial. Fato que também ocorreu em relação a contagem de mesófilos (Tabela 2) e no experimento 1 (pressão de 2 bar e ausência de ácido láctico) com carcaças contaminadas, onde a redução em relação a contagem inicial não foi significativa.

Obteve-se uma redução de enterobactérias variando de 0,83 (Experimento 1) até 4,01 log UFC/cm² (Experimento 5), nas carcaças que foram contaminadas com material fecal. Nas carcaças sem contaminação prévia, com exceção ao experimento 2, observou-se reduções variando de 1,87 log UFC/cm² (Experimento 1) até a diminuição de 2.42

log UFC/cm² (Experimento 5). De maneira geral, os diferentes tratamentos foram efetivos na redução da contagem de enterobactérias em relação à contagem de bactérias mesófilas.

Os resultados apresentados se assemelham aos encontrados por Smulders et al. (2012) que investigaram a redução do número de enterobacterias, *Pseudomonas fragi* e *Yersinia enterocolitica* previamente inoculadas (6 a 7 log CFU/cm²) em amostras de pele e barriga de carcaças suínas submetidas a diferentes pressões e também seguidas de tratamento por 15 segundos com spray de água a 55°C. Ambos os tratamentos exerceram redução na ordem de 2- 4 log na contaminação.

A redução de enterobactérias, principalmente nas carcaças normais de linha, sem contaminação prévia, foi semelhante as encontradas nos estudos de Pearce et al. (2004) na determinação de pontos críticos de controle no abate de suínos e aos de Spescha et al. (2006) com avaliação da contaminação microbiológica de carcaças suínas, estudando o efeito do tempo (5 a 8,5 minutos) e da temperatura (59 a 62°C) na escaldagem, reduzindo 1,7 a 3,3 log UFC cm⁻² a contagem de enterobactérias.

Van Netten et al. (1997) avaliaram a superfície de carcaças suínas inoculadas em condições laboratoriais onde foram aplicados spray de ácido láctico variando a concentração de 1 a 2% a uma temperatura de 55°C e por 0,5 minutos foram observadas reduções de bactérias aeróbicas e de enterobactérias entre 0,4 a 1,7 log UFC cm⁻², inferiores as encontradas nas carcaças contaminadas do presente estudo (Tabela 3), que ficaram entre 0,83 (Experimento 1) e 2,15 log UFC cm⁻² (Experimento 7). Quando os mesmos autores aumentaram a concentração de ácido láctico para 5 % a 55°C e por 0,5 a 1,5 minutos, reduziram a concentração de bactérias aeróbicas e de enterobactérias de 1 a 1,7 e 2,7 log UFC cm⁻², respectivamente. Sendo este resultados semelhantes aos

encontrados nas carcaças sem contaminação (Tabela 3) que reduziram a contagem de 1,87 (Experimento 1) a 2,42 log UFC cm⁻² (Experimento 5).

A Figura 7 apresenta os gráficos de Pareto com os efeitos estimados das variáveis pressão de água (bar) e concentração de ácido láctico sobre a contagem de enterobactérias em carcaças com contaminação prévia (A) e sem contaminação (B).

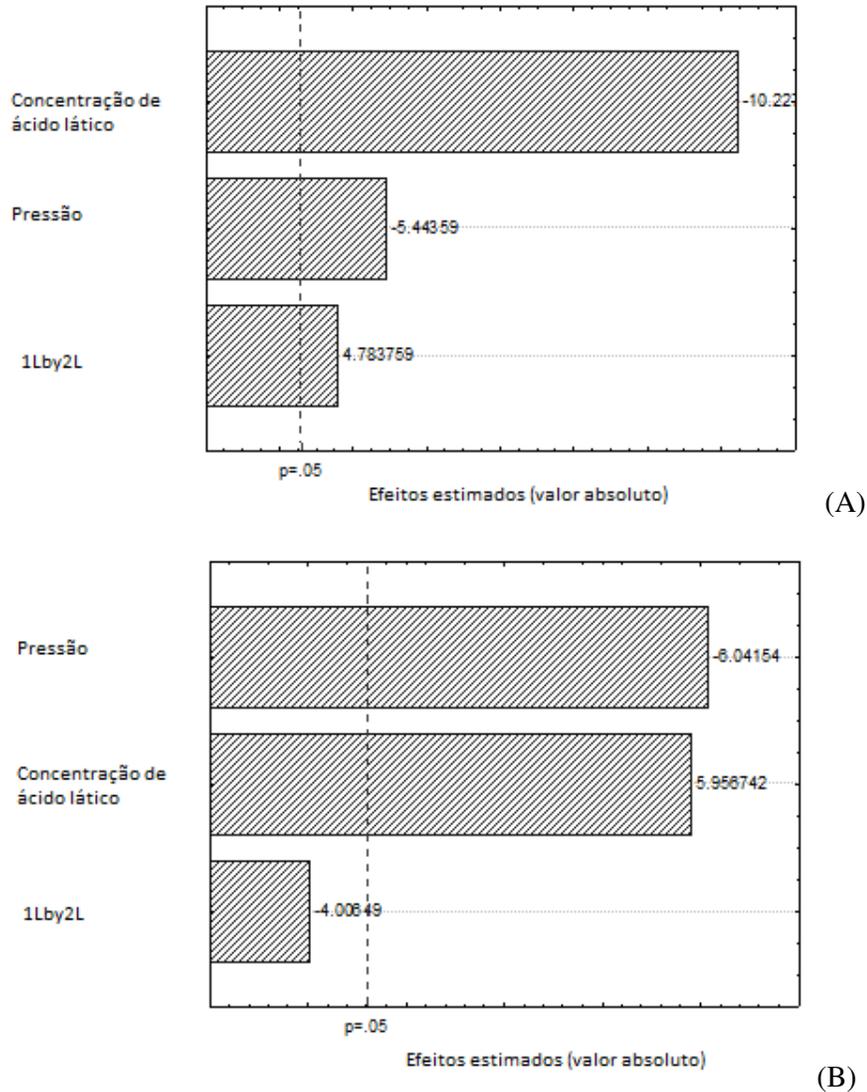


Figura 7: Gráfico de Pareto com efeitos estimados das variáveis estudadas no planejamento experimental 2², para contagem de enterobactérias em carcaças com contaminação prévia (A) e sem contaminação (B), respectivamente.

Observa-se que em carcaças com contaminação prévia (A), as variáveis independentes apresentaram efeito significativo ($p < 0.05$) negativo sobre a contagem de enterobactérias, ou seja, o aumento na pressão da água ou o uso de ácido láctico provocam reduções significativas na contagem de enterobactérias. Indicando, também, um maior efeito do ácido láctico em relação ao aumento da pressão na redução da contagem de enterobactérias em carcaças com contaminação prévia. Nas carcaças sem contaminação (B), a pressão da água apresentou efeito significativo negativo, enquanto que o ácido láctico mostrou efeito positivo significativo ($p < 0.05$).

5.3 Validação dos resultados

Durante os experimentos pode-se notar nas carcaças que foram contaminadas, que devido à posição do chuveiro e a pressão, retirava-se de forma mais eficiente as fezes no pernil e na papada. Em algumas carcaças era possível observar a presença das fezes após o chuveiro, mas sempre na barriga e no lombo, como pode ser observado na Figura 8 do experimento 2 (pressão de 2 bar e concentração de 2% de ácido láctico).



Figura 8: Presença de fezes nas carcaças suínas (barriga e lombo), após o chuveiro no experimento 2 (2 bar de pressão e 2% de ácido láctico).

É provável que isso ocorra devido a esses locais terem sua superfície menos lisa, do que quando comparada com o pernil e a papada. Nesses locais pode-se direcionar melhor o desenho dos bicos dos chuveiros fazendo com que se tenha um ângulo de cima para baixo para facilitar a retirada da contaminação ou ainda aumentar mais a pressão de água, para buscar eliminar totalmente a presença das fezes.

Como os resultados experimentais mostraram que o uso de ácido láctico se mostrou eficiente na remoção de bactérias em carcaças suínas associado a pressão, e como na legislação brasileira não é permitido o uso deste sanificante (não é permitido nenhum sanificante para carcaças), optou-se por fazer um tratamento físico somente, onde aumentou-se a pressão de água no chuveiro para 8 bar.

Na Figura 9 são mostradas as contagens de bactérias mesófilas inicial, no Tratamento 5 (melhor condição experimental), no tratamento 8 (resultados com aplicação de 8 bar de pressão de água) e tratamento 9 (validação dos resultados), nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

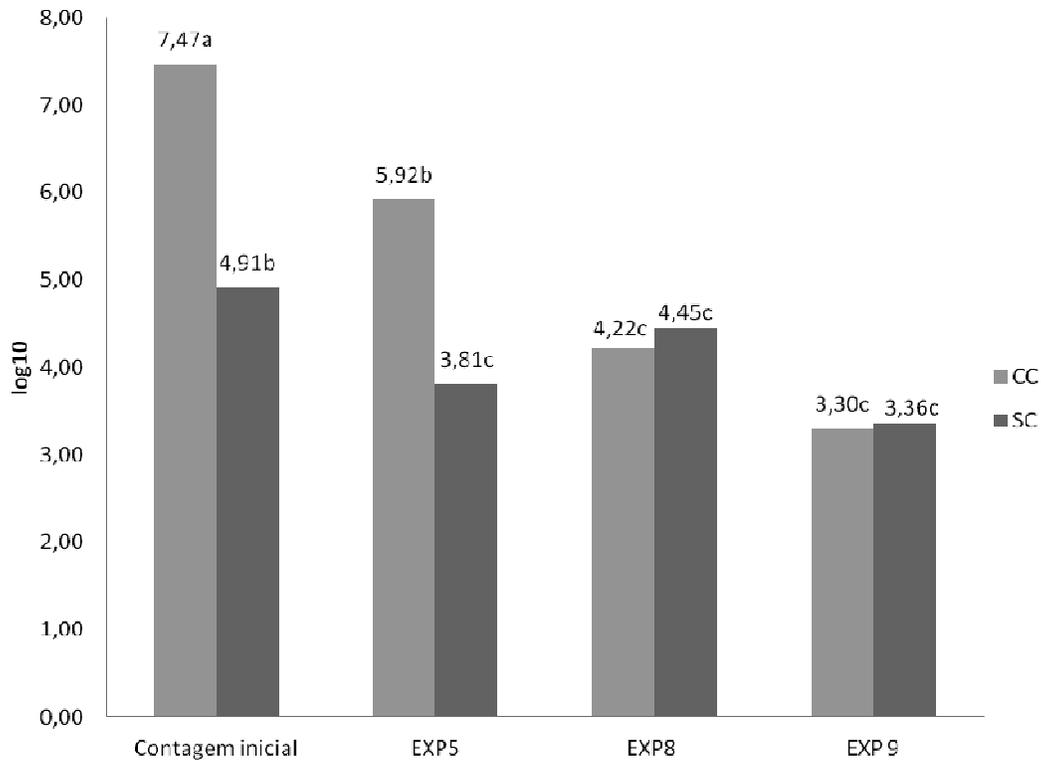


Figura 4: Contagens de bactérias mesófilas inicial, tratamento 5 (melhor condição experimental), tratamento 8 (resultados com aplicação de 8 bar de pressão de água) e tratamento 9 (validação dos resultados com 8 bar), nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC).

Verifica-se que com 8 bar de pressão ocorreu uma redução significativa ($p < 0.05$) na contagem de mesófilos, quando comparados à contagem inicial (CC e SC) e ao tratamento 5 (CC), ou seja, demonstrando que a aplicação desta pressão é eficiente na redução da contagem de mesófilos. Já, os tratamentos 8 e 9 não diferem entre si. Estes resultados demonstram que a lavagem das carcaças com pressão de 8 bar podem substituir o corte de partes contaminadas preconizado pela Circular nº 369 (BRASIL, 2003a), sem perda da qualidade microbiológica destas.

Com relação às enterobactérias (Figura 10), também se verifica que houve uma redução na contagem (Tratamento 8) e (Tratamento 9), quando comparados à contagem inicial (CC e SC) e ao tratamento 5 (CC). Comportamento este semelhante ao obtido com as bactérias mesófilas, mas com contagens inferiores de 1,03 a 1,12 log UFC cm⁻²

em carcaças sem contaminação e 2,3 a 2,52 log UFC cm⁻² em carcaças previamente contaminadas.

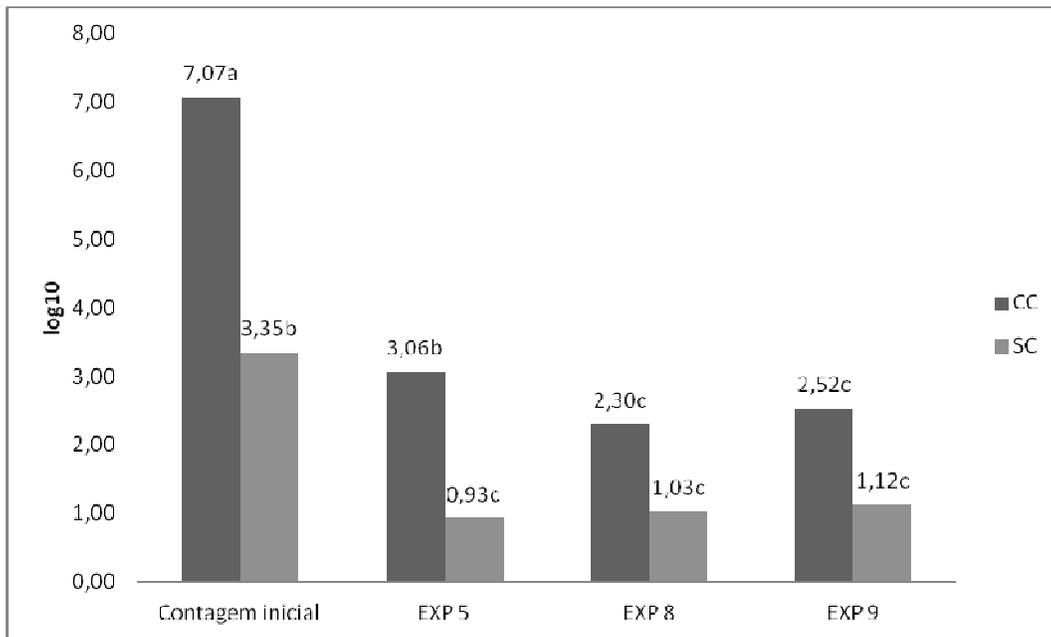


Figura 50: Contagens de enterobactérias tratamento 5 (melhor condição experimental), tratamento 8 (resultados com aplicação de 8 bar de pressão de água) e tratamento 9 (validação dos resultados), nas carcaças normais de linha (SC) e nas que foram contaminadas (CC)

O tratamento com 8 bar reduz as enterobactérias para níveis aceitáveis (1,03 UFC/m² SC e 2,30 UFC/m² CC). Entretanto observa-se uma diferença de aproximadamente 1 ciclo logarítmico entre carcaças sem contaminação e com contaminação prévia após tratamentos.

Nas análises de enterobactérias realizadas com a coleta do diafragma, na parte interna das 15 carcaças com contaminação, todas as contagens apresentaram resultado <10 UFC/g. Isso demonstra que o aumento da pressão para 8 bar, reduziu as enterobactérias da superfície e não espalhou para a parte interna das carcaças.

Nas carcaças que foram contaminadas (CC) 92 % apresentaram presença da *Salmonella*, sendo que depois da aplicação de 8 bar de pressão de água, 20 % das carcaças apresentavam presença de *Salmonella*. Estes resultados indicam que a pressão

da água é uma variável que influencia significativa na redução da contaminação por *Salmonella* nas carcaças. Já, nas carcaças sem contaminação, 100% apresentavam ausência de *Salmonella* antes do tratamento com 8 bar, impossibilitando a avaliação da redução desta.

Os dados apresentados confirmam a revisão bibliográfica realizada por O'Connor et al. (2012), que sugerem que os processos de transformação no abate geralmente resultam em diminuição da prevalência de *Salmonella* sp. quando as carcaças se movem em direção a refrigeração.

A redução da presença de *Salmonella* é de extrema importância para a Indústria, já que a legislação nacional preconiza através da RDC-12 (Brasil, 2001) a ausência de *Salmonella* em produtos cárneos de suínos *in natura*, assim como todos os cortes e embutidos *in natura*, como linguiças frescas. Neste grupo também são incluídos os miúdos suínos.

Gamarra (2007) estudou os pontos críticos de presença de *Salmonella* em um abate frigorífico, com lotes de produtores integrados e com lotes de mercado (terceiros) e constatou a presença de *Salmonella* spp. em 81,25% das amostras analisadas. Bessa et al. (2004), estudando a presença de *Salmonella* sp. em suínos abatidos em frigoríficos do estado do Rio Grande do Sul, constataram que de 300 suínos amostrados, em 56 % das carcaças houve presença de *Salmonella* sp. Portanto os experimentos apresentaram um bom resultado na redução da presença de *Salmonella* sp.

Esta alta incidência de *Salmonella* observada por diferentes trabalhos, indica a necessidade de se aplicar um tratamento nas carcaças para diminuir esta incidência, e os índices de redução obtidos no presente estudo demonstram que a lavagem das mesmas com chuveiro com 8 bar de pressão pode ser indicado para esta finalidade.

A redução dos mesófilos, enterobactérias e na presença de *Salmonella*

contribuem diretamente para garantir a segurança alimentar, já que reduz significativamente o número de células bacterianas e com isso diminui o risco de se ter uma dose infecciosa que possa causar uma doença de origem alimentar. As carcaças logo após o chuveiro devem ser resfriadas em câmaras frias com temperatura inferiores a 4°C.

Os resultados apresentados acima estão de acordo com a recomendação da Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas (ICMSF, 1998), que indica que em caso de corte e ruptura do intestino durante a evisceração, as carcaças devem ser lavadas para eliminar a contaminação visível. Esta prática pode reduzir as bactérias entéricas (coliformes, *E. coli* e *Salmonella*, por exemplo) até contagem encontradas em carcaças sem nenhuma contaminação aparente.

6. CONCLUSÕES

De maneira geral, tanto a pressão no chuveiro como o ácido láctico tiveram efeitos positivos, reduzindo a contagem microbiana na superfície das carcaças suínas.

Com relação à redução de mesófilos, pode-se notar que a interação entre a pressão e o ácido láctico foi o que causou a maior redução na contagem superficial das carcaças.

Com relação às enterobactérias, nas carcaças contaminadas a variável mais importante foi a concentração de ácido láctico e nas carcaças sem contaminação foi a pressão de água. Conseguiu-se uma redução de 3,68 log UFC/cm² com pressão de 3 bar e 1% de ácido láctico.

O uso de 8 bar de pressão da água de lavagem sem ácido láctico provocou redução na contagem de bactérias mesófilas e enterobactérias tanto para carcaças com contaminação como as sem contaminação, com resultados estatisticamente iguais entre si, e significativamente inferiores às contagens iniciais.

Com a utilização de 8 bar de pressão da água no chuveiro de lavagem sem ácido láctico, não fez com que contaminação fecal fosse espalhada na parte interna das carcaças.

Já em relação a análise de *Salmonella*, a pressão da água a 8 bar favoreceu a redução do percentual de carcaças com presença de *Salmonella*, em carcaças previamente contaminadas.

Estes resultados demonstram que a lavagem das carcaças com pressão de 8 bar pode substituir a técnica de corte de partes contaminadas, sem perda da qualidade microbiológica e reduzindo os riscos de contaminação cruzada pelo manuseio destas.

A técnica da remoção de contaminações fecais visíveis de carcaças suínas com água potável em pressões adequadas, além de legal, utilizada e aceita pelos maiores exportadores e importadores de carne mundiais, contribui para manutenção da qualidade microbiológica aceitável dos produtos, além de minimizar as perdas econômicas para o setor.

.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPECS 2013. Disponível em: http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercado-externo/exportacoes/anuais/jan-nov-2013_jan-nov-2012.pdf - Acesso em 28 de dezembro de 2013.

ADAMS, C. A. **Nutricines**. Food components in Health and Nutrition. Nottingham. Nottingham Univ. Press, 1999.

ALVES, A. R. F. **Doenças alimentares de origem bacteriana**. 87f. Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal 2012.

ANDERSEN, L. **Preservation of meat products with a lactic acid bacteria culture: FloraCarn L-2**. In: Proceeding of 41 st International Congress of Meat Science and Technology, San Antonio, TX., v. 2, p. 303-304, 1995.

ANTIC, D., et al. Distribution of microflora on cattle hides and its transmission to meat via direct contact. **Food Control**, 21, 1025-102, 2010.

AVISITE. **Estatísticas e preços**. Disponível em: <http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=exportacao>. Acesso em: 9 de maio de 2010.

BARBOSA, H. R. & TORRES, B. B. **Microbiologia Básica**. Rio de Janeiro: Atheneu, 196p., 1999.

BELL, R. G. Distribution and sources of microbial contamination on beef carcasses. **Journal of Applied Microbiology**, v. 82, p. 292-300, 1997.

BESSA, M. C., COSTA, M., CARDOSO, M. Prevalência de *Salmonella sp* em frigoríficos do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 24 (2): 80-84, 2004.

BOLDER, N. M. Decontamination of meat and poultry carcasses. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, 1997.

BOLTON, D.J., Pearce, R.A., Sheridan, J.J., Blair, I.S., McDowell, D. A., & Harrington, D. (2002). Washing and chilling as critical control points in pork slaughter

hazard analysis and critical control point (HACCP) systems. **Journal of Applied Microbiology**, 893-902, 1992.

BORCH, E., Nesbakken, T., & Christensen, H. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. **International Journal of Food Microbiology**, 39, 9-25, 1996.

BRYANT, J., Brereton, D.A., & Gill, C.O. Implementation of a validated HACCP system for the control of microbiological contamination of pig carcasses at a small abattoir. **The Canadian Veterinary Journal**, n. 44, 51-55, 2003.

BRASIL. Portaria nº 451 de 19/09/97. **Regulamento técnico. Princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos**. Diário Oficial da União, Ministério da Saúde, Brasília. 17p: 1997.

BRASIL. **Instruções para elaboração e implantação dos sistemas PPHO e APPCC nos estabelecimentos habilitados à exportação de carnes**. CIRCULAR Nº 369/2003/DCI/DIPOA. 2003a.

BRASIL. **Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água**. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003 - MAPA. 2003b.

BRASIL. **Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos para abate e Industrialização de Suínos**. Portaria nº 711, de 01 de Novembro de 1995 - MAPA. 1995.

BRASIL. **Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para Alimentos**. Resolução RDC nº 12, de 2 de Janeiro de 2001 – ANVISA. 2001.

BRASIL. **Regulamento técnico sobre atribuição e função de aditivos e seus limites máximos de uso para a categoria 8 – Carne e produtos cárneos**. Resolução RDC nº 1004, de 11 de dezembro de 1998 – ANVISA. 1998.

BRENNER, D. J. **Introduction to the family Enterobacteriaceae, in the Prokaryotes**. In: BALOWS, A. et al. A handbook on habitats, isolation and identification of bacteria. 2. ed. New York: Springer Verlag, p. 2673-95, 1992.

CATTANI, C. S. O. et al. **Influência do ácido láctico como método de descontaminação microbiana em carcaças suínas.** Florianópolis: UFSC, 2011. Disponível em: <http://www.sovergs.com.br/site/38conbravet/resumos/739.pdf>. Acesso: 30 de janeiro de 2012.

CHANG, V. P., Mills, E.W., & Cutter, C.N. Reduction of bacteria on pork carcasses associated with chilling method. **Journal of Food Protection**, 66, 1019-1024, 2003.

CHOCT, M. Effects of Organic Acids, Prebiotics and Enzymes on Control of Necrotic Enteritis and Performance of Broiler Chickens. **University of New England Armidale**, NSW, 2004.

DAINTY, R. H.; MACKEY, B. M. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. **Journal of Applied Microbiology**, 73(21): 103-114, 1992.

DAL PISSOL, A. **Avaliação da eficiência da lavagem de carcaças de frango com e sem contaminação fecal aparente, comparada com a contagem inicial, após a linha de evisceração.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos URI – Campus de Erechim, 2011.

DIEZ-GONZALEZ, F. & RUSSEL, J. B. The ability of *Escherichia coli* O157:H7 to decrease its intracellular pH and resist the toxicity of acetic acid. **Microbiology**, v. 143, p. 1175-1180, 1997.

EKLUND, T. The antimicrobial effect of dissociated and undissociated sorbic acid at different pH levels. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 54, p. 383-389, 1983.

EPLING, L.K., CARPENTER, J.A., & BLANKENSHIP, L.C. Prevalence of *Campylobacter spp.* and *Salmonella spp.* On pork carcasses and the reduction effected by spraying with lactic acid. **Journal of Food Protection**, v. 56, 536-537, 1993.

ERCOLINE, D. et al. Changes in spoil a generated microbiota of beef during refrigerated storage under different packing conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 72, n. 7, p. 4663-4671, 2006.

FABRIZIO, K. A., & CUTTER, C.N. Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial interventions to reduce pathogens on fresh pork. **Meat Science**, v. 68, 463-468, 2004.

FDA – Food and Drug Administration, Center for Food Safety Applied Nutrition, Foodborne Pathogenic Microorganisms, Food and Drug Administration; Springfield, USA, 2001.

FU, A.-H. SEBRANEK, J.G., & MURARO, E. A. Microbial and quality characteristics of pork cuts from carcasses treated with sanitizing sprays. **Journal of Food Science**, v. 59, 306-309, 1994.

GAMARRA R.M. **Identificação de *Salmonella* spp. no abate de suínos**. 2007. Disponível em: http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos. Acesso em 10 de janeiro de 2010.

GARCIA, M. **Surtos Alimentares no Brasil – dados atualizados em 2013**. Disponível em: <http://foodsafetybrazil.com/surtos-alimentares-no-brasil-dados-atualizados-em-2013/#ixzz2bm5eJaYm>. Acesso em 28 de Dezembro de 2013.

GILL, C.O., & BRYANT, J.. The contamination of pork with spoilage bacteria during commercial dressing, chilling and cutting of pig carcasses. **International Journal of Food Microbiology**, v. 16, 51-62, 1992.

GILL, C.O. et al. Evaluation of the hygienic performances of the process for cleaning, dressing and cooling pig carcasses at eight packing plants. **International Journal of Food Microbiology**, v. 58, 65-72, 2000.

HAALAN, D. P. D. **Experimental design in biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1989.

HOLLEY, R. A.; GILL, C. O. **Uso da embalagem em atmosfera modificada para carnes e produtos cárneos**. In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. Anais. São Pedro: CTC, 2005.

HOLT, J. G., et al. **Facultatively anaerobic gram-negative rods**. In: Bergey's manual of determinative bacteriology. 9. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1994.

HUGAS, M.; TSIGARIDA, E. Pros and cons of carcass decontamination: the role of the european food safety authority. **Meat Science**, v. 78, p. 43-52, 2008.

ICONE. **O impacto das barreiras sanitárias nas exportações brasileiras de carne in natura**. São Paulo: ICONE, 2004.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Microbial ecology of foods**. Academic Pres, New York, v. 2, p. 333-997, 1980.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Microorganisms in foods 4: application of the hazard analysis critical control point – HACCP to ensure microbiological safety and quality**. Oxford: Blackwell Scientific, 1988.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Micro-organismos de los alimentos: su significado y métodos de enumeración**. 2. ed. Zaragoza, Espanha: Editorial Acribia, p. 147-150, 2000.

JAY, J. M. **Indicators of food microbiological quality and safety**. In: Modern food microbiology. 6. ed. Maryland: Aspen Publication, p. 387-407, 2000.

KEMP, K. G., et al. Continuous online processing of fecal and ingesta contaminated poultry carcasses using an acidified sodium chlorite antimicrobial intervention. **Journal Food Protection**, v. 64, n. 6, p. 807-812, 2001.

LAMBERT, A. D.; SMITH, J. P.; DODDS, K. I. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat – a review. **Food Microbiology**, v. 8, p. 267-297, 1991.

LAWSON, L.G., et al. Cost-effectiveness of Salmonella reduction in Danish abattoirs. International. **Journal of food microbiology**, n° 134, p. 126-132, 2009.

LIMA, E. S. C., et al. Isolamento de *Salmonella* sp e *Staphylococcus aureus* no processo do abate suíno como subsídio ao sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 24(4):185-190, 2004.

LOPES, M., et al. Pesquisa de *Salmonella* spp. e micro-organismos indicadores em carcaças de frango e água de tanques de pré-resfriamento em abatedouro de aves. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 3, p. 465-476, 2007.

LORETZ, M., Stephan, R., & Zweifel, C. Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef carcasses. **Food Control**, v. 22, 347-359, 2011.

_____ Antibacterial activity of decontamination treatments for pig carcasses. **Food Control**, 22, 1121-1125, 2011.

MCEVOY, J. M.; DOHERTY, A. M.; FINNERTY, M. The relationship between hide cleanliness and bacterial numbers on beef carcasses at a commercial abattoir. **Letters in Applied Microbiology**, v. 30, p. 390-395, 2000.

NESBAKKEN, T., ECKNER, K., & ROTTERUD, O-J. The effect of blast chilling on occurrence of human pathogenic *Yersinia enterocolitica* compared to *Campylobacter* spp. And numbers of hygienic indicators on pig carcasses. **International Journal of Food Microbiology**, v. 123, 130-133, 2008.

O'CONNOR A. M., WANG B., DENAGAMAGE T., MCKEAN J. Process Mapping the Prevalence os *Salmonella* Contamination on Pork Carcass from Slaughter to Chilling: A Systematic Review Approach. **Foodborne Pathogens and Disease**, v.9, n. 5, 2012.

PEARCE, R. A., BOLTON, D.J., SHERIDAN, J.J., MCDOWELL, D. A., BLAIR, I.S., & HARRINGTON, D. Studies to determine the critical control point in pork slaughter hazard analysis and critical control point systems. **International Journal of Food Microbiology**, v. 90, 331-339, 2004.

PIPEK, P., et al. Decontamination of pork carcasses by steam and lactic acid. **Journal of Food Engineering**. p. 1-8, Czech Republic, 2005.

PIPEK, P., HOUSKA, M., HOKE, K., JELENICKOVÁ, J., KYHOS, K., & SIKULOVÁ, M. Decontamination of pork carcasses by steam and lactic acid. **Journal of Food Engineering**, 74, 224-231, 2006.

PRASAI, R.K., ACCUFF, G.R., LUCIA, L.M., MORGAN, J.B., MAY, S.G., & SAVELL, J. W. Microbiological effects of acid decontamination of pork carcasses at various locations in processing. **Meat Science**, 32, 423-423, 1992.

RAHKIO, M., KORKEALA, H., SIPPOLA, I., & PELTONEN, M.. Effect of pré-scalding brushing on contamination level of pork carcasses during the slaughtering process. **Meat Science**, 32, 173-183, 1992.

RIVAS T.; VIZCAÍNO J.A.; HERRERA F.J. Microbial contamination of carcasses and equipment from an Iberian pig slaughterhouse. **Journal of Food Protection**, v. 63 n.12, 1670-1675, 2000.

SAVELL, J. W., MUELLER, S. L., & BAIRD, B. E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, 70, 449-459, 2005.

SCHWARTZ, K. J. Salmonellosis. P. 535-551. In: STRAW B. E., D'ALLAIRE S., MENGELING W. L. & TAYLOR D. J. (ed). **Diseases of swine**. 8 ed. Iowa State University, Ames: 2000.

SILVA, F. C.; PARADELLA, T. C.; NAVA, E. A. F. A; CLARO, P. A. R. A.; KOGA-ITO, C.Y. & JORGE, A. O. C. Influência de agentes desinfetantes sobre a aderência de *Staphylococcus aureus* em aço inoxidável. **Ciência Odontológica Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 60-65, 2008.

SMULDERS, F. J. M., et al. The potencial of the combined application of hot water sprays and steam condensation at subatmospheric pressure for decontaminating inoculated pig skin and muscle surfaces. **Food Control**, p. 1-6, 2011.

SOUZA, A. R. M. de; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Influência da radiação gama e de diferentes dietas na qualidade da carne de cordeiros Santa Inês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 709-715, 2009.

SPESCHA, C., STEPHAN, R., & ZWEIFEL, C. Microbiological contamination of pig carcasses at different stages of slaughter in two European Union-approved abattoirs. **Journal of Food Protection**, v. 69, 2568-2575, 2006.

TOMPKIN, R. B.; MCNAMARA, A. M.; ACUFF, G. R. **Meat and poultry products**. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4. ed. Washington: APHA, cap. 45, p. 463-471, 2001.

TONDO, E.C.; BARTZ, S. **Microbiologia e Sistema de Gestão da Segurança de Alimentos**. 1. edição. Editora Sulina, p. 15-45, 2011.

TORNADIJO, M. E. et al. Study of Enterobacteriaceae during the manufacture and ripening of San Simo'n cheese. **Food Microbiology**, v. 18, p. 499-509, 2001.

USDA. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: < <http://www.fas.usda.gov> >. Acesso em 17 jul. 2009.

VAN NETTEN, P., MOSSEL, D. A., & HUIS IN'T VELD, J.H. Microbial changes on freshly slaughtered pork carcasses due to "hot" lactic acid decontamination. **Journal of Food Safety**, 17, 89-111, 1997.

VIEIRA, S. L. **Qualidade visual de carcaças de frango de corte: uma abordagem a partir do ambiente de produção**. Campinas, SP: E. Color, 2008.

YU, S.-L, BOLTON, D., LAUBACH, C., KLINE, P., OSER, A., & PALUMBO, A. Effect of deharing operations on microbiological quality of swine carcasses. **Journal of Food Protection**, 62, 1478-1481, 1999.