

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DE PROGRAMAS DE MONITORAMENTO
INSTITUÍDOS PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO EM ABATEDOUROS-FRIGORÍFICOS DO RIO GRANDE DO
SUL E IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS RISCOS ASSOCIADOS À
SEGURANÇA DE ALIMENTOS

Mateus Silva de Lima

Porto Alegre

2016

Mateus Silva de Lima

AVALIAÇÃO DE RESULTADOS DE PROGRAMAS DE MONITORAMENTO
INSTITUÍDOS PELO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO EM ABATEDOUROS-FRIGORÍFICOS DO RIO GRANDE DO
SUL E IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS RISCOS ASSOCIADOS À
SEGURANÇA DE ALIMENTOS

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Eduardo César Tondo

Porto Alegre

2016

CIP - Catalogação na Publicação

Silva de Lima, Mateus

Avaliação de resultados de programas de monitoramento instituídos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em abatedouros-frigoríficos do Rio Grande do Sul e identificação de potenciais riscos associados à segurança de alimentos.

/ Mateus Silva de Lima. -- 2016.
110 f.

Orientador: Eduardo César Tondo.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Segurança de produtos cárneos. 2. Análise de risco. 3. Inspeção e fiscalização de alimentos. 4. Programas de monitoramento. I. César Tondo, Eduardo, orient. II. Título.

Tese de Doutorado

Avaliação de resultados de programas de monitoramento instituídos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em abatedouros-frigoríficos do Rio Grande do Sul e identificação de potenciais riscos associados à segurança de alimentos

Mateus Silva de Lima

Aprovado em: ____/____/____.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito para obtenção do grau de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Eduardo César Tondo (Orientador)
Doutor em Ciências
ICTA/UFRGS

Rosane Rech (Coord. PPGCTA)
Doutora Biologia Celular e Molecular
ICTA/UFRGS

Alessandro de Oliveira Rios
Doutor Ciências
Químicas
ICTA/UFRGS

Verônica Schmidt
Doutora Ciências
Veterinárias
PPGCV/UFRGS

Leticia Sopena Casarin
Doutora Microbiologia
de Alimentos
UFCSPA

DEDICATÓRIA

Para a minha filha Helena, que nasceu junto com esta Tese.

AGRADECIMENTOS

Ninguém pode dizer (ou deveria ter a infelicidade de dizer) que chegou a algum lugar sem contar com a ajuda de ninguém. Seja pavimentando o caminho, orientando diante de algum cruzamento ou apenas estando ao lado quando a estrada parece mais pedregosa, sempre existe alguém que faz a diferença e merece ser lembrado quando alcançamos alguns de nossos mais desejados objetivos.

Isso não é diferente quando, após escrever as últimas palavras desta Tese, eu olho para trás e vejo como fui abençoado por nunca ter ficado sozinho durante toda a trajetória do Doutorado. Assim, tenho muito a agradecer a Deus, a meus amigos e minha família por tudo o que fizeram por mim, tornando mais leve a caminhada.

Além disso, nesses quatro anos, diversas áreas da minha vida se transformaram e colaboraram para que eu chegasse até aqui. Por isso, gostaria de lembrar algumas pessoas que me auxiliaram para que eu me tornasse...

...doutor(ando) – obrigado Eduardo, orientador que acreditou em mim e com sua incansável motivação e idéias “megaboas” foi o empreiteiro de toda a estrada, Vera, Diego, Claudia e colegas do laboratório de Microbiologia, que deram uma mão seja nos artigos ou para resolver minhas pendências pelo Campus do Vale;

...servidor do Serviço de Inspeção de Produtos de Origem Animal/MAPA – obrigado colegas do MAPA, em especial Lauri, Jô, Adenon Furtado (e Madalena), pela luta para me trazerem para Porto Alegre, Leonardo, pela parceria acadêmica e amizade dentro do MAPA, Maria Luiza (e Carolina), pela excelente versão do Abstract, Deolindo e Cláudia, pela força e parceria a todo momento;

...marido e pai – obrigado Sibebe, que me deu o privilégio de estar ao seu lado, pelo companheirismo e amor que me motivam todo dia a tentar ser alguém melhor e por me dar esse grande presente: a nossa querida Helena.

RESUMO

A segurança dos produtos cárneos é uma constante preocupação para as indústrias produtoras e para os órgãos de fiscalização de produtos alimentícios. Em vista disso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) realiza programas de monitoramento com o objetivo de verificar eventuais não conformidades e possíveis riscos à segurança dos alimentos. Este estudo compilou e discutiu os resultados de três programas de monitoramento instituídos pelo MAPA em abatedouros-frigoríficos de frangos, bovinos e suínos do Estado do Rio Grande do Sul com o objetivo de identificar o número de não-conformidades e potenciais questões críticas à segurança dos alimentos, associados aos elementos-alvo destes monitoramentos. Para isso, foram escolhidos três elementos-chave para a segurança dos produtos cárneos: (i) a matéria prima (prevalência de *Salmonella* em carcaças de frango produzidas de 2006 a 2015); (ii) a água de abastecimento (de abatedouros bovinos e suínos, coletadas entre 2012 e 2015); (iii) e as superfícies de contato (monitoramento da contaminação em abatedouros bovinos). Em relação ao primeiro elemento; a compilação de mais de 39.000 resultados de análises indicou prevalência de *Salmonella* em carcaças de frango que variou de 2,32% a 5,53%. Essa prevalência foi considerada baixa quando comparada com demais estudos conduzidos em outros países, o que pode sugerir, assim, risco baixo à segurança dos alimentos. No que concerne ao segundo elemento; foram encontrados desvios pontuais nos parâmetros microbiológicos e físico-químicos em 1.555 amostras de água. Este resultado, associado à baixa severidade dos desvios apontados, sugere ser o risco de contaminação baixo. Ressalta-se, por oportuno, que o maior número de não conformidades foi identificado nos abatedouros bovinos, o que apontou menor desenvolvimento dos programas de prevenção e tratamento deste setor em comparação ao setor de suínos. Finalmente, no terceiro elemento (avaliação da higiene das superfícies de contato), identificou-se falta de homogeneidade e embasamento técnico nos procedimentos adotados pelas indústrias. Muitos parâmetros utilizados provinham de ex-funcionários, de empresas terceirizadas ou da concorrência. Com base nos resultados encontrados, concluiu-se que: (a) há necessidade de incrementar os controles na matéria-prima, pois a *Salmonella* em frango e derivados permanece no Brasil e em todo o mundo como um sério problema de saúde pública; (b) o controle das empresas e a fiscalização do MAPA devem desenvolver ferramentas para reduzir o número de não-conformidades no sistema de abastecimento de água para assegurar que todos os

parâmetros de qualidade/potabilidade estipulados na legislação serão alcançados; (c) é preciso uniformizar os procedimentos de avaliação da higiene de superfície, haja vista que a falta de padronização pode levar a resultados equivocados e não comparáveis e, portanto, maiores riscos; (d) os baixos níveis de contaminação dos elementos que o MAPA diretamente monitora podem ser reflexo da eficaz atuação da fiscalização, uma vez que a atuação em caso de desvios consistem em incentivos para que as empresas gerenciem adequadamente seus controles. Considera-se, ainda, a possibilidade dos resultados desta pesquisa servirem de base para o MAPA aperfeiçoar o conhecimento sobre as empresas e produtos fiscalizados, para otimizar o processo de fiscalização. As empresas também podem se beneficiar ao identificarem e corrigirem eventuais desvios nos programas de autocontrole. Por fim, anota-se a importância de as informações levantadas nos programas de monitoramento do MAPA serem compiladas e analisadas criticamente, a exemplo desta pesquisa, de modo a fornecer subsídios para uma análise mais profunda destes resultados e identificar quantitativamente os potenciais riscos à cadeia produtiva de carne do Brasil. A publicação científica desses dados pode ser utilizada em estudos avançados, como Análises de Risco (AR), de modo a fundamentar a tomada de decisões conscientes por parte da Administração Pública.

Palavras-chave: Programa de monitoramento; produtos cárneos; segurança dos alimentos; *Salmonella*; água de abastecimento; superfícies de contato.

ABSTRACT

The safety of meat products is a constant concern for the industry and governmental bodies responsible for food safety. Within this context, the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) inspects meat industries through monitoring programs. These programs consist of several laboratory tests that aim to find non-conformities with the legal framework, and thus, potential risks to food safety. The data emerged from these programs needs to be compiled and critically evaluated in order to provide substantial information that may guide further actions from MAPA and other food safety regulatory bodies. Based on these facts, the present study compiled and evaluated the results of MAPA's monitoring programs carried out in slaughterhouses in the state of Rio Grande do Sul (Brazil) with the objective of discuss about the safety level of meat produced in the Southern area of Brazil. Data on three key food safety elements have been considered: (i) microbiological quality of raw material (prevalence of *Salmonella* on poultry carcasses); (ii) the quality of potable water supply of cattle and swine slaughterhouses; (iii) and the cleanness evaluation of food contact surfaces in cattle slaughterhouses. The evaluation of results of more than 39,000 laboratorial tests indicated that *Salmonella* prevalence on poultry carcasses produced from 2006 to 2015 ranged between 2.32% and 5.53%. This prevalence was lower than prevalence identified in other countries, suggesting lower food safety risk in poultry products. Nevertheless, we recommend the increase and maintenance of control measures giving the complexity matters related with *Salmonella*, which is a serious public health problem in Brazil and worldwide. The results (n = 1,555) of water monitoring program conducted in cattle and swine slaughterhouses showed occasional deviations in microbiological and physico-chemical parameters. Apparently, this represents low risk of product contamination. However, considering that some of the samples did not fulfill the legal quality requirements in at least one legal parameter, it is importance to ensure that both industry and MAPA develop measures to further decrease of non-conformities. Most of the water non-conformities were observed in bovine slaughterhouses, meaning that actions should be applied on these establishments. The evaluation of hygiene on food surfaces demonstrated a lack of homogeneity and technical criteria in the procedures adopted by the industries. Many parameters used by the industry were based on practices of former employees, contractors or other companies within the same sector. The lack of uniformity and specificity of these

procedures may lead to erroneous laboratory data and what may further increase food safety risks. Overall, this study concluded that the low level of contamination in elements directly monitored by MAPA may indicate that the governmental practices have been effective, especially because companies are conducted to managing their control measures adequately, avoiding legal penalties. In order to provide scientific support for a deeper analysis of these results and quantitatively identify risks inside Brazilian meat production chain, other studies, including Risk Analysis studies, may be applied by MAPA, in which the results of the present Thesis may be used.

Keywords: monitoring program; meat products; food safety; risk analysis; *Salmonella*; water supply; food contact surfaces.

LISTA DE TABELAS

Table 1 – <i>Salmonella</i> spp. prevalence on poultry slaughtered in large abattoirs in the State of Rio Grande do Sul, from 2006 to 2015, according to the Brazilian Pathogen Reduction Program – MAPA, Brazil.	31
Table 2 – Studies of <i>Salmonella</i> prevalence on poultry carcasses or poultry products carried out worldwide.	32
Table 1 – Routine analyzes of water performed by Official Service in industries of animal origin products of Brazil.	52
Table 2 – Reference methods for the examination of Water used by MAPA’s Official Network Laboratories, Brazil.	53
Table 3 – Nonconformities index of microbiological analyses carried out in potable water used in Bovine and Swine slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil from 2012 to 2015.	54
Table 4 – Nonconformities index of physicochemical analyses carried out in potable water used in Bovine and Swine slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil from 2012 to 2015.	54
Table 5 – General nonconformity index of potable water used in Bovine and Swine slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil from 2012 to 2015.	55
Table 1 – Characteristics of Brazilian slaughter establishments interviewed about hygiene and sanitary procedures.....	71
Table 2 – Benchmarks used in Brazilian cattle slaughterhouses, for the microbiological analysis of food contact surfaces, including the sanitizer used on these surfaces. Data are expressed as cfu/cm ²	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Segurança dos alimentos e produtos cárneos.....	15
2.2 Acesso ao mercado: alimentos seguros.....	16
2.3 Legislação e programas de autocontrole.....	18
2.4 Aperfeiçoamento institucional: programas de monitoramento e Análise de Risco.....	19
3. RESULTADOS.....	24
3.1 Artigo 1 – Prevalence of <i>Salmonella</i> spp. on Poultry Carcasses samples collected in large Slaughterhouses of the State of Rio Grande do Sul (Southern Brazil) from 2006 to 2015.....	25
3.2 Artigo 2 – Assessing the quality and safety of potable water used in bovine and swine slaughterhouses under Federal Inspection Service of the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil: an analysis of official data.....	49
3.3 Artigo 3 – Evaluation of effectiveness surface hygiene procedures made by cattle slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil.....	63
4. DISCUSSÃO GERAL.....	88
5. CONCLUSÃO.....	97
6. PERSPECTIVAS.....	98
7. REFERÊNCIAS.....	99

1. INTRODUÇÃO

A prevenção de Doenças Transmitidas por Alimentos é importante para qualquer país e torna-se estratégica para aquelas nações fortemente produtoras e exportadoras de alimentos, como é o caso do Brasil.

O controle da contaminação de produtos cárneos brasileiros é particularmente importante, uma vez que o país, atualmente, está entre os maiores produtores mundiais de carne bovina, suína e de frango.

A partir de 2005, a responsabilidade pelo controle da segurança dos produtos de origem animal produzidos no Brasil foi oficialmente repassada às empresas produtoras, através da implementação dos Programas de Autocontrole, conhecidos como PAC. Contudo, a inspeção dessas empresas e a fiscalização dos PAC, em estabelecimentos de abate, permaneceram sob o controle do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o qual é considerado o gestor de riscos dos produtos cárneos brasileiros. Em vista disso, nos últimos anos, o MAPA tem utilizado os princípios da Análise de Risco (AR), a fim de investigar e propor soluções aos possíveis problemas de segurança dos produtos de origem animal.

No intuito de obter informações confiáveis sobre problemas de segurança de alimentos de origem animal relevantes para o Brasil, o MAPA desenvolve programas de monitoramento dentro das indústrias de carne. Dentre alguns dos temas escolhidos para serem avaliados, a incidência de patógenos em carcaças e produtos processados, a qualidade da água de abastecimento e o monitoramento de superfícies que entram em contato com os alimentos têm ganhado destaque.

Como resultado dos programas de monitoramento, informações importantes são obtidas e milhares de análises microbiológicas e físico-químicas são realizadas dentro de todos os estabelecimentos de abate registrados junto ao MAPA. As informações levantadas nos monitoramentos são elementos fundamentais para a tomada de decisões conscientes, uma vez que podem auxiliar na identificação de riscos à segurança dos alimentos, além de embasar estudos mais complexos como as Avaliações de Riscos. Para isso, tais informações devem ser analisadas criticamente e, preferencialmente, organizadas na forma de artigos científicos, os quais são passíveis de serem rigorosamente avaliados e publicados. Esse processo requer significativo investimento de tempo e recursos humanos especializados, o que pode ser alcançado através da

colaboração entre órgãos de regulação, centros de pesquisa e universidades. Um exemplo dessa colaboração e importantes resultados advindos dela são apresentados nessa Tese.

Objetivo geral:

Avaliar programas de monitoramento instituídos pelo MAPA em abatedouros-frigoríficos do Rio Grande do Sul como fonte de informação científica para incrementar a segurança de alimentos de origem animal.

Objetivos específicos:

- a) Identificar e discutir a prevalência de *Salmonella* spp. em carcaças de frango abatidas no RS, entre 2006 e 2015;
- b) Compilar e discutir os resultados de análises microbiológicas e físico-químicas em amostras de água de abatedouros bovinos e suínos, entre 2012 e 2015;
- c) Estudar o processo interno de avaliação da higiene de superfícies de contato em estabelecimentos processadores de carne bovina do RS.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Segurança dos alimentos e produtos cárneos

Diversas ameaças à saúde pública causadas por micro-organismos patogênicos são observadas em todo o mundo. Doenças emergentes têm sido transmitidas por mosquitos e outros invertebrados, por animais ou contato direto com pessoas infectadas (Pignatti, 2004; Musso *et al.*, 2014; Honório *et al.*, 2015; PHAC, 2016). Aliados a isso, permanecem causando preocupação alguns veículos clássicos de contaminação, dentre os quais estão os alimentos. Esses problemas parecem ter em comum a potencialidade de propagação dentro de um contexto de mundo globalizado (Todd, 1997; Hathaway, 1999; Balbani e Butugan, 2001; Fox, 2004) e também por serem resultados de falhas no controle sanitário preventivo, seja em nível local ou extrafronteiras (Hobbs *et al.*, 2002; Luning *et al.*, 2008; Almeida *et al.*, 2013).

De fato, o interesse pela segurança dos alimentos é mundial e desponta como um tema crítico para o sistema produtivo como um todo, além de uma preocupação para as autoridades sanitárias. No ano de 2010, 600 milhões de pessoas adoeceram e ocorreram 420 mil mortes causadas pela ingestão de alimentos impróprios para o consumo, em especial contaminados por micro-organismos patogênicos (WHO, 2015). No Brasil, entre 2000 e 2014 foram notificados 9.719 surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA) e 192.803 pessoas adoeceram (Brasil, 2014). Esses números representam apenas os casos relatados, os quais são uma pequena parcela das reais ocorrências as quais não são notificadas (Marchi *et al.*, 2011; Arendt *et al.*, 2013).

Os custos associados às DTA são bastante variáveis de acordo com a metodologia de análise que permite chegar aos resultados. Nos Estados Unidos, o Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC) estima que o custo econômico anual com despesas médicas, perdas de produtividade e mortes relacionadas as DTA seja em torno de US\$ 51 bilhões (Scharff, 2012).

Dentro desse contexto, os produtos de origem animal têm sido frequentemente destacados como alguns dos principais veículos de DTA, devido as suas características intrínsecas e de processo que favorecem a contaminação e proliferação de micro-organismos (Roberts e Dainty, 1979; MLA, 2004; Al-Sultan e Jasni, 2015). Os produtos cárneos no Brasil, por exemplo, representaram 17% do total de surtos que tiveram o alimento causador identificado entre 2000 e 2014 (Brasil, 2014).

Dada a importância do tema, produtores, indústrias, distribuidores e governos compartilham responsabilidades para prevenir ou corrigir distorções na cadeia produtiva, as quais possam propiciar a contaminação e a multiplicação de micro-organismos nos produtos cárneos (CCE, 2000; Roe, 2004; Trienekens e Zuurbier, 2008). Já o consumidor ou manipulador do alimento pronto para consumo, por ser a última barreira entre o produto potencialmente contaminado e a DTA, deve ser informado para minimizar os riscos associados ao preparo e armazenamento dos alimentos (Redmond e Griffith, 2003, 2004; Chapman *et al.*, 2010).

Mesmo contando com os esforços de diferentes elos da cadeia produtiva, a qualidade das matérias-primas desempenha um papel fundamental na segurança dos produtos cárneos. Em vista disso, a função dos órgãos governamentais assume grande importância, pela fiscalização dos controles implementados pelas indústrias de alimentos.

2.2 Acesso ao mercado: alimentos seguros

O Brasil tem no agronegócio uma de suas mais tradicionais bases de sustentação econômica. Dados de USDA (2015) apontam o país como o segundo maior produtor mundial de carne bovina (9,4 milhões de toneladas), quarto de carne suína (3,4 milhões de toneladas) e segundo de carne de frango (13 milhões de toneladas). Dentre os produtos do agronegócio mais exportados pelo Brasil, as carnes ocuparam a segunda colocação, somando US\$ 12,19 bilhões em vendas de janeiro a outubro de 2015, o que equivale a quase 8% de toda a balança comercial nacional (CNA, 2015).

Se em volume de produção e exportação o país encontra posição de destaque mundial, seus produtos por vezes encontram impedimentos no mercado internacional através de barreiras não tarifárias. Nesse aspecto, alguns países criam empecilhos para a importação de carne sob a alegação de que o país não oferece garantia total na qualidade e segurança dos seus produtos, principalmente em mercados mais exigentes (e de maior valor agregado) como a Europa e os Estados Unidos (Deramond e Aguiar, 2012; BEEFPOINT, 2013). Diante da necessidade de expandir o mercado e de incrementar a competitividade dos produtos cárneos nacionais, aumenta a responsabilidade do Brasil em sinalizar seu efetivo controle sobre a segurança dos alimentos produzidos pelo setor, tanto para o mercado interno quanto para o externo (Chaves, 2006).

Uma empresa que busca competitividade e sobrevivência no mercado, além de estratégias de mercado e avaliação de custos, tem a obrigação de ofertar produtos que sejam seguros para o consumidor e, ao mesmo tempo, estejam em conformidade com os parâmetros exigidos pela legislação. Observa-se que diversos são os casos de empresas que foram severamente autuadas ou mesmo faliram em decorrência de surtos provocados pelo consumo de alimentos contaminados (Flynn, 2009; Hussain e Dawson, 2013; Gillespie, 2014; FDA, 2016).

De acordo com Spers (2003), a segurança do alimento é considerada um bem público e, portanto, sujeita à gestão pública, uma vez que a iniciativa privada pode não ter, em alguns casos, as motivações adequadas para desenvolver atividades julgadas como subjetivas e de baixo retorno – como controlar a segurança do alimento, por exemplo. Deveras, os custos para a implementação efetiva de alguns programas de qualidade pode, inclusive, restringir a participação de empresas de menor capital no setor de carnes (Ollinger, 2011). Desse modo, um ator fundamental para a gestão da cadeia de produção é a regulação oficial, a qual é constituída pelo conjunto de normas que regulam o setor, bem como pelos agentes públicos encarregados de avaliar o seu cumprimento, para determinar ações corretivas em caso de desvios (Morais, 2001; Cardoso e Pedro, 2011).

Algumas diretrizes sanitárias de países com relevância no mercado mundial de carne, como União Europeia, Estados Unidos, Japão, Rússia e Brasil, possuem diversas semelhanças. Essas convergências tendem a facilitar os desembaraços no comércio internacional de produtos cárneos no que se refere às demandas sanitárias básicas, as quais contemplam temas como: bem estar animal, controle de matéria-prima e processos, controle de resíduos e contaminantes e monitoramento microbiológico (Caswell e Hooker, 1996; Mathews *et al.*, 2003; USDA, 2013). Apesar destes pontos em comum, existe um conjunto adicional de normas e controles específicos que deve ser cumprido pelas empresas que desejam alcançar mercados internacionais, o qual é imposto pelo país destino da exportação. Por exemplo, os abatedouros podem ser elegíveis para a chamada “Lista Geral¹” ou para listas específicas, como a União Europeia e Estados Unidos da América, entre outros, sendo que estas duas últimas

¹ A exportação para países que fazem parte da “Lista Geral” é usualmente caracterizada por menores exigências sanitárias (praticamente as mesmas exigidas pelo SIF) e dependência por preços baixos (Pedroso, 2009; Dias, 2003). Alguns países que pertencem a esta lista: Albânia, Angola, Cabo Verde, Caribe, Catar, Congo, Emirados Árabes Unidos, Gabão, Gâmbia, Gana, Geórgia, Haiti, Hong Kong, Irã e Iraque.

implicam em maiores exigências por parte dos órgãos de inspeção destes países (Caleman; Cunha, 2011). Para Pitelli e Moraes (2006), as exigências internacionais impostas por grandes mercados auxiliam na execução de melhorias ao longo de toda a cadeia de produtos de origem animal no Brasil, o que incluem ações dos agentes privados e do governo, implicando em alterações no ambiente institucional brasileiro, com o objetivo de manter a segurança do alimento e aumentar a competitividade. Dentre outras medidas, cita-se a contratação de mão-de-obra especializada e investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

2.3 Legislação e programas de autocontrole

Do ponto de vista legal, deve haver um sistema de inspeção sanitária em todos os estabelecimentos de processamento primário de produtos de origem animal no Brasil. De fato, de acordo com Brasil (1989), nenhuma planta industrial ou entreposto de produtos de origem animal pode operar no país sem o prévio registro no órgão competente de inspeção. Assim, existem três níveis de inspeção no Brasil, de acordo com o escopo comercial: (i) Serviço de Inspeção Municipal: a fiscalização é de competência das Secretarias ou Departamentos de Agricultura dos municípios e os produtos podem ser comercializados apenas dentro dos limites da cidade; (ii) Serviço de Inspeção Estadual: a fiscalização é de competência das Secretarias ou Departamentos de Agricultura dos Estados e é permitido o comércio intermunicipal dos produtos desde que pertençam ao mesmo Estado; (iii) e Serviço de Inspeção Federal (SIF): a fiscalização é feita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA e as empresas sob este regime de inspeção pode comercializar seus produtos para outros Estados ou até internacionalmente. Tradicionalmente, de uma maneira geral, sabe-se que o controle do SIF é considerado referência normativa para suas contrapartidas em nível estadual e municipal, assim como mais rigoroso e atuante (Pereira, 2013).

Desde a publicação do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), no ano de 1952, diversas mudanças ocorreram no setor agropecuário brasileiro, tanto na matriz produtiva quanto na regulamentação e monitoramento do MAPA. Antigamente, a legislação atuava majoritariamente na autuação sobre desvios detectados e a empresa não era protagonista nos controles de qualidade considerados necessários pelos órgãos reguladores. Atualmente, as modernas legislações internacionais dirigidas ao controle sanitário de alimentos, inclusive o

Brasil, tratam os Programas de Autocontrole como requisitos básicos para a garantia da inocuidade dos produtos (Brasil, 2005; Rantsios, 2007; Kindlein *et al.*, 2014). Nesses controles destacam-se as Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO), Procedimentos Sanitários Operacionais (PSO) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). No conceito de autocontrole, o poder sobre a verificação da qualidade e segurança dentro da empresa permanece com o agente oficial, contudo, a responsabilidade por cumprir com os requisitos exigidos passa a ser das indústrias (Murano, 2016).

Esses programas, quando implementados adequadamente pelas indústrias, tendem a incrementar o controle sobre as variáveis capazes de interferir na qualidade e na segurança do alimento. Dentre essas variáveis podem ser destacados os ingredientes (Gander, 2015), as matérias-primas (Hugas e Beloeil, 2014), a água de abastecimento (Bello *et al.*, 2011), a higiene das instalações, utensílios e equipamentos (Schlegelová *et al.*, 2010), higiene e saúde dos trabalhadores (Lambrechts *et al.*, 2014), os processos em si (Gomes-Neves *et al.*, 2012) e a logística de distribuição (FSA, 2015).

Numa visão mais ampla, a parceria entre o privado e o público parece ser essencial, pois se de um lado os autocontroles das empresas incrementam a qualidade e a segurança dos produtos, com redução de gastos e riscos governamentais (Spers, 2003), de outro, a fiscalização atua em favor das empresas sérias, sinalizando para o mercado que o produto sob o selo da inspeção possui garantia de qualidade. De fato, diversos estudos mostram que a atuação da fiscalização oficial tende a incrementar a segurança e a percepção de qualidade, auxiliando no crescimento do setor como um todo (Rose *et al.*, 1999; Federal Register, 1996; Spers, 2003; Sumner *et al.*, 2004; WHO, 2009; Hue *et al.*, 2011).

2.4 Aperfeiçoamento institucional: programas de monitoramento e Análise de Risco

Para ser eficiente, o controle sanitário agropecuário deve se manter alinhado às transformações tecnológicas de processos e produtos e estar atento às demandas do consumidor, sem deixar de lado os potenciais riscos consolidados ou emergentes que podem comprometer a qualidade e a segurança dos alimentos. Desse modo, pode-se afirmar que muitas exigências sanitárias internacionais são decorrência da atual política alimentar global, que se baseia nas diretrizes internacionais do *Codex Alimentarius*, cujo

foco da segurança de alimentos alinha-se ao princípio de Análise de Risco (AR). Tal política abrange as matérias-primas, as práticas agrícolas e as atividades de processamento dos alimentos (SEGURANÇA ALIMENTAR, 2002), para reduzir o número de DTA, em um determinado local, região ou país. A AR deve ocorrer através de um transparente e altamente participativo processo, o qual é basicamente composto de três etapas: Gerenciamento ou Gestão de Riscos, Avaliação de Riscos e Comunicação de Riscos (Tondo e Bartz, 2014).

De forma sucinta, se pode descrever o Gerenciamento de Riscos como um processo de ponderação para seleção de problemas de segurança de alimentos relevantes e, quando possível, de medidas de prevenção e controle desses problemas (FAO/WHO, 1997). A Avaliação de Riscos é o componente científico da AR (OPAS, 1999), a qual foi desenvolvida, fundamentalmente, para suprir a necessidade de informações científicas para a compreensão da natureza e extensão do risco à segurança de alimentos relativo ao problema identificado e para o planejamento de ações de mitigação, controle ou prevenção, quando necessário (OPAS/OMS, 2008). Nessa etapa, deve ser realizada uma identificação qualitativa dos riscos, considerando-os como a função entre a probabilidade e a severidade de um determinado perigo (TONDO e BARTZ, 2014). Após este procedimento, pode ser feita a identificação quantitativa dos riscos, atribuindo-lhes probabilidades numéricas, a qual é mais complexa e geralmente é conduzida por pessoal técnico (cientistas) especializados (Coleman e Marks, 1999; Mendonça, 2013; UVB, 2016).

Finalmente, a Comunicação de Risco é um processo interativo de intercâmbio de informações entre indivíduos, grupos e instituições (membros da equipe de AR, *stakeholders* externos e a população), sobre as ameaças à saúde, à segurança ou ao ambiente, com o propósito de ampliar o conhecimento sobre a natureza e os efeitos de alguns riscos e promover o trabalho colaborativo em busca das soluções (FAO/WHO, 2005). Em nível governamental, essa Comunicação pode significar a normatização de parâmetros e procedimentos, campanhas publicitárias ou demais medidas de controle que forem consideradas necessárias pelo gestor de riscos à luz das informações obtidas pela AR.

Embora os princípios desse método possam ser utilizados em qualquer indústria de alimentos ou serviço de alimentação, a AR tem sido mais amplamente utilizada pelos governos nacionais e internacionais para avaliar possíveis perigos e riscos presentes nos

alimentos e estabelecer (ou não) medidas de controle (Tondo e Bartz, 2014). Uma das medidas de incentivo para a utilização institucional da AR pode ser observada no Acordo de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (*SPS Agreement*) da Organização Mundial do Comércio (OMC), que determina que os países signatários, entre eles o Brasil, garantam que suas medidas sanitárias e fitossanitárias sejam baseadas na AR e que as técnicas sejam desenvolvidas por órgãos e instituições reconhecidos e estejam fundamentadas em dados científicos (FAO/WHO, 2006).

Seguindo essa determinação, o MAPA, como instituição máxima de regulação sanitária nacional, é considerado o gestor de riscos dos produtos cárneos brasileiros. Diante disso, o MAPA tem utilizado sistematicamente os princípios da AR, a fim de ampliar seu escopo de informações e fundamentar o aperfeiçoamento de suas normas e práticas institucionais.

De acordo com a Comissão das Comunidades Europeias, a informação científica constitui a base da política de segurança dos alimentos e, portanto, dados científicos concisos e atualizados devem ser utilizados para uma Avaliação de Risco adequada. Para isso, a Comissão sugere que se desenvolvam pesquisas sobre informações epidemiológicas, níveis de prevalência e dados de exposição (CCE, 2000).

Nesse aspecto, o MAPA desenvolve diversos programas de monitoramento dentro das indústrias de carne brasileiras registradas junto ao SIF (Brasil, 1952, 1998, 2003, 2005, 2006, 2009, 2013a, 2013b, 2013c; 2015) que possuem algumas semelhanças com princípios sugeridos pelo *Codex Alimentarius* (OPAS/ANVISA, 2006) e com elementos constantes nas normas da União Europeia e dos Estados Unidos (NRC, 1985; EC, 2005; USDA, 2014). De imediato, esse monitoramento possibilita um controle oficial quantificável sobre os produtos e processos dentro das indústrias de modo a estabelecer ações corretivas em caso de desvio. Adicionalmente, estas informações, quando analisadas criticamente e através de uma metodologia científica, permitem ao Órgão oficial obter informações confiáveis e atualizadas sobre problemas de segurança dos alimentos de origem animal presentes na cadeia produtiva brasileira. A sinalização ao mercado consumidor (seja doméstico ou internacional) de que o país possui controle fundamentado sobre a sanidade de seus produtos desponta como benéfica a todos os *stakeholders* (Jatib, 2003; Furlan *et al.*, 2012).

Dentre os monitoramentos microbiológico desenvolvidos, podem ser destacados os seguintes elementos-chave:

Alimentos – Carcaças e produtos cárneos devem ser submetidos a análises microbiológicas de rotina quando almejem alguns mercados internacionais e também seguir cronograma de acordo com programas específicos, onde podem ser investigados, dependendo da espécie abatida, patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. e *Listeria monocytogenes* (Brasil, 2003, 2005, 2009, 2015);

Água – A avaliação da qualidade da água de abastecimento utilizada pelos estabelecimentos contempla análises microbiológicas para *Escherichia coli*, Coliformes totais, Contagem padrão de mesófilos aeróbios, *Clostridium perfringens* e também análises de parâmetros físico-químicos (Brasil, 2005);

Superfícies – De modo a avaliar a efetividade do Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO), as empresas sob SIF devem fazer controle microbiológico periódico das superfícies que podem entrar em contato com os produtos como utensílios e equipamentos. Além disso, esse monitoramento é estendido para os trabalhadores como possíveis fontes de contaminação (Brasil, 2005).

Por meio dos programas de monitoramento, o MAPA anualmente tem acesso a milhares de análises microbiológicas e físico-químicas que despontam como informações em potencial para fundamentar a tomada de decisões conscientes e embasar ajustes normativos visando ao aperfeiçoamento institucional. Nesse ponto, o desenvolvimento de cooperação científica com instituições de renome na área pode ser bastante relevante, uma vez que permite a análise crítica e bem fundamentada dos resultados (CCE, 2000). Para Farah (2001) e Cavalcante *et al.* (2011), o estabelecimento de parcerias entre instituições públicas (órgãos de regulação, laboratórios de pesquisa e universidades, por exemplo) desfruta de vantagens adicionais, pois permite o fluxo de informações, experiências e a agregação de valores aos trabalhos desenvolvidos, para otimizar tempo e recursos públicos.

Considera-se importante a elaboração e publicação dos documentos e artigos científicos desenvolvidos através destas parcerias com vistas a oferecer confiabilidade e transparência às decisões do órgão gestor, para ampliar a participação dos consumidores e fortalecer os instrumentos de controle da gestão pública (Brasil, 2011). As publicações também tenderão a constituir-se em referência à qual recorrem os técnicos e gestores da instituição (Carneiro *et al.*, 2009).

O presente trabalho realizou exatamente isso: uniu o acesso a informações estratégicas que só um Órgão de regulação com a importância do MAPA pode ter com a *expertise* da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para analisá-los criticamente. O formato de artigos científicos foi escolhido para essa análise crítica, uma vez que possibilita a publicação em periódicos científicos, para fornecer visibilidade às ações do MAPA e sinalizar a qualidade e segurança dos produtos cárneos brasileiros, em nível nacional e internacional.

3. RESULTADOS

Os resultados desta Tese estão apresentados sob a forma de artigos científicos, os quais foram divididos nas seções correspondentes deste capítulo.

Artigo 1: Prevalence of *Salmonella* spp. on Poultry Carcasses samples collected in Slaughterhouses of the State of Rio Grande do Sul (Southern Brazil) from 2006 to 2015.

Formatado nos moldes da revista *Poultry Science*.

Artigo 2: Assessing the quality and safety of potable water used in bovine and swine slaughterhouses under Federal Inspection Service of the State of Rio Grande do Sul (Southern Brazil): an analysis of official data.

Formatado nos moldes da revista *Journal of Water Resource and Protection* – Edição Especial *Drinking Water Safety and Human Health*.

Artigo 3: Evaluation of effectiveness surface hygiene procedures made by cattle slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil.

Formatado nos moldes da revista *International Journal of Food Microbiology*.

1 **3.1 Artigo 1 – Prevalence of *Salmonella* spp. on Poultry Carcasses samples**
2 **collected in large Slaughterhouses of the State of Rio Grande do Sul (Southern**
3 **Brazil) from 2006 to 2015.**

4

5 Mateus Silva de Lima^{a,b}; Leonardo Werlang Isolan^b; Claudia Titze Hessel^a;
6 Eduardo César Tondo^a

7 ^a Laboratório de Microbiologia e Controle de Alimentos, Instituto de Ciência e
8 Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
9 (ICTA/UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43212, Campus do Vale,
10 Agronomia, CEP. 91.501-970 Porto Alegre/RS, Brasil.

11

12 ^b Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (MAPA). Serviço de
13 Inspeção de produtos de Origem Animal (SIPOA). Av. Loureiro da Silva, 515 -
14 Centro Histórico, CEP 90010-420 Porto Alegre/RS, Brasil.

15

16 **ABSTRACT**

17 This study aimed to identify and discuss the prevalence of *Salmonella* on
18 poultry carcasses produced in large slaughterhouses of Southern Brazil
19 participating of the Official Pathogen Reduction Program conducted by the
20 Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply. From 2006 to 2015, 39,674
21 poultry carcasses were compiled and the results were statistically evaluated.
22 Prevalence varied from 2.32% to 5.53%. The difference in prevalence numbers
23 was not significant during all the period analyzed. Higher *Salmonella* prevalence
24 have been reported worldwide, that may indicate the efficacy of Brazilian control
25 measures implemented in the productive chain and the low risk associated to
26 Brazilian poultry meat consumption. However, additional information about the
27 acceptable and safe prevalence of *Salmonella* on poultry should be defined by
28 risk analysis studies, considering the reality of Brazilian companies and
29 scientific data. The results of the present study can be the first step for that and
30 may contribute to improvements in self-controlling programs of companies and
31 with the current Brazilian poultry regulation.

32

33 **Keywords:** *Salmonella* prevalence, Brazil, Poultry slaughterhouse.

34

35

36 1. INTRODUCTION

37 *Salmonella* spp. is one of the most important foodborne pathogens
38 worldwide, and salmonellosis outbreaks mostly occur after the consumption of
39 contaminated food of animal origin, particularly poultry products (WHO, 2009;
40 Jong *et al.*, 2011; Mattiello *et al.*, 2015; Nair *et al.*, 2015; Federal Register,
41 2015). According to WHO (2015), *Salmonella* spp. is responsible for 15% of
42 global burden of foodborne illnesses, accounting for 88 million estimated cases
43 and 124,000 deaths.

44 In Brazil, from 2000 to 2014, *Salmonella* spp. was identified as the major
45 etiologic agent of registered foodborne illnesses, being responsible for 38.2% of
46 the outbreaks. Poultry meat and poultry products were associated with 2.4% of
47 notified foodborne outbreaks, while eggs and egg products accounted for 8.2%
48 (Brasil, 2014).

49 The prevention of *Salmonella* infections depends on actions taken by
50 regulatory agencies, food industries, and consumers, as well as actions taken
51 for detecting and responding to outbreaks when they occur (FSIS, 2015).
52 Actually, the origin of contamination of poultry products may occurs at slaughter
53 level, as well as during the live-animal rearing process (Federal Register, 2015).
54 The current isolation of *Salmonella* from foods in Brazil, causing foodborne
55 outbreaks (Baú *et al.*, 2001; Reiter *et al.*, 2007; Tessari *et al.*, 2008; Palmeira,
56 2008; Medeiros *et al.* 2011; Tondo *et al.*, 2015; Panzenhagen *et al.*, 2016) may
57 be result of control measures fails in slaughterhouses, in retail or the
58 occurrence of clandestine slaughter in Brazil, that is estimated between 30 to
59 50% of total meat evaluable to consumer (Mathias, 2008; Beefpoint, 2013; CPT,
60 2016).

61 The presence of *Salmonella* in commercial broilers, beyond the public health
62 concern, may causes severe economic losses, constituting an hindrance to the
63 poultry industry worldwide (Nazir *et al.*, 2012; Mughini-Gras *et al.*, 2014). This
64 issue is particularly important to Brazil, because this country is the major
65 exporter and the second producer of chicken meat in the world, being
66 responsible for approximately 15% and 37% of total, respectively (ABPA, 2015;
67 USDA, 2015).

68 In Brazil, the Normative Instruction 70/2003/MAPA instituted the Pathogen
69 Reduction Program (PRP), in order to carry out microbiological sampling and
70 monitoring *Salmonella* spp. on chicken and turkey carcasses (Brasil, 2003a).
71 The Brazilian PRP is conducted by the MAPA and has some similarities with the
72 FSIS/USDA Pathogen Reduction System, in the United States (Federal
73 Register, 2011). The main role of Brazilian PRP is “to build an information
74 system for the evaluation of contamination in the monitored products, making it
75 possible to determine the adequate protection level of the investigated agents,
76 thus allowing a better efficiency of controlling measures, as an important
77 component of the Microbiological Risk Assessment (MRA)” (Brasil, 2003a).

78 The Brazilian PRP implemented continuous and systematic laboratorial
79 analysis of fresh chicken and turkey carcasses testing them for *Salmonella* spp.
80 and it involves all slaughterhouses registered in the Federal Inspection Service
81 (SIF). The samples are randomly collected by Official Inspector according
82 standardized procedures and taken at a frequency proportional to the weekly
83 slaughter establishment's volume of production, ranging from 1 carcass per
84 week (slaughter under 30,000 animals) to 1 carcass per shift (slaughter over
85 100,000 animals) (Brasil, 2003a).

86 The results are interpreted using the two-class plan, containing information
87 about the presence or absence of *Salmonella* spp. on whole carcasses. The
88 quality of *Salmonella* spp. control processes is assessed with respect to the
89 following acceptance criteria: every 51 samples taken are nominated 1
90 sampling cycle, in which the maximum number of positive samples shall be 12.
91 In the case of violations of this value ($c > 12$), the establishment shall be subject
92 to the following criteria and regulatory actions (Brasil, 2003a): (a) If one cycle is
93 violated, the establishment shall be officially notified and shall immediately
94 review its Good Manufacturing Practices (GMP), Sanitarian Standard Operating
95 Procedure (SSOP), and the Hazard Analysis and Critical Control Point
96 (HACCP) system; (b) If two consecutive cycles are violated, the establishment
97 shall have its certification suspended by SIF until two consecutive cycles have
98 been obtained without violation; (c) If three consecutive cycles are violated,
99 each slaughter shift only is liberated upon analysis, and the establishment shall
100 follow this regime until three consecutive cycles demonstrate absence of
101 *Salmonella*; (d) If in ten sampling cycles the number of violations is equal to 4,
102 the products related to the presence or absence of *Salmonella* spp. shall have
103 their certification suspended by SIF, until three consecutive non-violated cycles
104 have been obtained; (e) If in ten sampling cycles the number of violations is
105 equal to or greater than 5, each slaughter shift is only liberated upon analysis.
106 This situation shall remain until three consecutive non-violated cycles have
107 been obtained. When a violation is noticed in each complete cycle, the
108 company shall present a timetable of corrective and preventive actions, within 5
109 weekdays, with a view to reestablish the conformity in terms of control over the
110 agent presence in poultry meat.

111 The State of Rio Grande do Sul (RS) is an important poultry producer and,
112 consequently, has several well-prepared and controlled slaughterhouses, which
113 supply both the foreign and domestic markets. In 2014, this Southernmost State
114 of Brazil occupied the fourth place in the Brazilian exportation of animal
115 products, moving US\$ 1.80 billion (MAPA, 2014).

116 Considering the relevance of *Salmonella* in Brazilian poultry productive
117 chain, the investigation of its prevalence is a key tool for providing important
118 information to all stakeholders. In this context, monitoring programs as PRP are
119 essential and the divulgation of its results by scientific studies may contribute to
120 expressive improvements.

121 This study aimed to evaluate results of official analyses of *Salmonella* spp.
122 on poultry carcasses collected for the Brazilian Pathogen Reduction Program
123 (PRP) in slaughterhouses of Southern Brazil, from 2006 to 2015, in order to set
124 the prevalence range along this period.

125

126 **2. MATERIALS AND METHODS**

127 The database available for the present study was constituted by the analysis
128 results from the MAPA's Pathogen Reduction Program (PRP) (Brasil, 2003a).
129 The database considered the sampling collection period between January 2006
130 and December 2015. The data were obtained from poultry slaughterhouses that
131 process over 100,000 animals/day (n=15) under Federal Inspection of the State
132 of Rio Grande do Sul. At sampling, one sample was composed by one poultry
133 carcass collected after the dripping step and immediately before packaging,
134 following the frequency determined by PRP: one carcass per shift, considering
135 the abattoirs size. Within 24 hours after collection, the samples arrived to the
136 laboratory under refrigeration (0 to 8°C +/- 1°C). The microbiological analyzes

137 were performed according to one of the recognized methods: USDA/FSIS/USA
138 MLG 4C.06 (FSIS, 2014), AOAC Official Method 2011.03 (AOAC, 2011) or ISO
139 6579:2002 (ISO, 2002).

140 Data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences
141 (SPSS version 21.0, Chicago, IL). For all statistical comparisons, a level of
142 significance of 0.05 was used.

143

144 **3. RESULTS**

145 Brazilian PRP has been released in the end of 2003, however the lack of
146 standardization in some procedures led to some inconsistencies of the results
147 which demanded some adjustments and staff training (Brasil, 2006). Based on
148 this, the present research considered 2006 as the first year of effective
149 implementation of Pathogen Reduction Program in Brazil and then only
150 analyzed results produced this year on.

151 Covering the period of 2006 and 2015, this investigation accessed 39,674
152 analysis results, in which 1,509 were positive for *Salmonella* spp. The annual
153 prevalence numbers varied from 2.32% (95% CI: 1.85% - 2.79%) to 5.24%
154 (95% CI: 4.80% - 6.27%). Despite the difference in prevalence among the
155 years, the values did not varied significantly in the period verified (Kolmogorov-
156 Smirnov Test, $p= 0.200$). From 2006 to 2015, the total poultry slaughtered in the
157 State of RS was 6,846,024,495 heads (Brasil, 2016).

158

159

160 Table 1 – *Salmonella* spp. prevalence on poultry slaughtered in large abattoirs in the
 161 State of Rio Grande do Sul, from 2006 to 2015, according to the Brazilian Pathogen
 162 Reduction Program – MAPA, Brazil.

Year	Number of analyses performed	Positive samples for <i>Salmonella</i>	Number of complete cycles ¹	Total of violated cycles ²	Maximum number of positives samples in the violated cycle	Total of poultry head slaughtered in the year	Prevalence (%)
2006	10,047	508	197	13	25	545,051,254	5.06
2007	3,723	206	73	1	16	605,093,066	5.53
2008	4,182	133	82			675,437,636	3.18
2009	3,825	171	75			658,778,093	4.47
2010	4,029	123	79			716,346,501	3.05
2011	3,927	91	77			741,669,134	2.32
2012	3,417	100	67			681,716,330	2.93
2013	3,315	79	65	1	13	731,105,795	2.38
2014	1,632	58	32	1	13	735,413,977	3.55
2015	1,581	40	31			755,412,709	2.53
Total	39,678	1,509	778			6,846,024,495	-

163 1. Each complete cycle was composed of 51 carcasses analyzed.

164 2. One cycle was considered violated if more than 12 samples indicate positive for *Salmonella*.

165

166 The sampling was conducted in 778 complete cycles (each cycle corresponding to
 167 51 carcass analyzes), however the number of microbiological analyses made along the
 168 years varied according the following factors: (a) changes in the slaughtered volume of
 169 each establishment; (b) violations in cycles demanded additional sampling, especially
 170 in 2006. In this year, Brazilian PRP registered 13 violations, being that in one
 171 establishment there were 5 consecutive violations followed by 5 non-violated cycles
 172 and after it a single violation; one slaughterhouse registered 6 violations in 10 sampling
 173 cycles; an additional slaughterhouse registered only one violation. Only one violation to
 174 the cycles (*Salmonella* in 13 samples) occurred in 2007, 2013, and 2014. In the other
 175 years, no cycle was violated.

176

177

178 **4. DISCUSSION**

179 *Salmonella* prevalence on chicken carcasses slaughtered in the period of
 180 2006 to 2015 under Federal Inspection in the State of Rio Grande do Sul
 181 ranged not significantly from 2.32% to 5.53%. Higher *Salmonella* prevalence
 182 numbers have been observed in other countries (Table 2), for example: the
 183 monitoring program led by FSIS in the same period of this research (from 2006
 184 to 2015) with 80,940 samples, pointed out a *Salmonella* prevalence of about
 185 6.7% on poultry carcasses slaughtered in the USA (FSIS, 2015b). In China, Bai
 186 *et al.* (2015) reported 45.2% of *Salmonella* contamination from data of 2011.
 187 Interestingly, among the 19 studies conducted in other countries and
 188 demonstrated in Table 2, only 4 of them reported *Salmonella* prevalence or
 189 index on poultry under 15%.

190 Table 2 – Studies of *Salmonella* prevalence on poultry carcasses or poultry products
 191 carried out worldwide.

Country	Product	Source of samples	Year	Number of samples analyzed	Prevalence	Reference
Brazil (Rio de Janeiro)	Chicken carcasses	Slaughterhouses	2013	60	6.67% (by conventional method); 8.33% (by PCR)	Panzenhagen <i>et al.</i> (2016)
Brazil (São Paulo)	Frozen chicken carcasses	Slaughterhouses	2006-2007	116	2.5%	Tessari <i>et al.</i> (2008)
Brazil	Frozen Chicken carcasses	Retail	2004-2006	2,679	2.7%	Medeiros <i>et al.</i> (2011)
Brazil (Southern region)	Chicken and turkey carcasses	Slaughterhouses	2004-2006	280	8.9%	Palmeira (2008)
Brazil (Pelotas/RS)	Chicken pieces	Retail	1997-1998	124	10.48%	Baú <i>et al.</i> (2001)
Brazil (southern region)	Surfaces, water, and broiler chicken (carcasses, parts, viscera, and spoils)	Slaughterhouse	na	470-615	2.6%-5.4%	Reiter <i>et al.</i> (2007)
USA	Chicken carcasses	Slaughterhouses	2006-2015	80,940	6.7%	FSIS (2015b)
USA	Chicken carcasses	Retail	2006-2007	141	22%	Lestari <i>et al.</i> (2009)
European Union	Chicken carcasses and neck skin excision	Slaughterhouses	2013	18754	4.88%	EFSA (2015)

Continue...

192
 193
 194

195
196

Continuation...

Country	Product	Source of samples	Year	Number of samples analyzed	Prevalence	Reference
Austria	Chicken	Retail and slaughterhouses	na	281	16.4%	Mayrhofer <i>et al.</i> (2004)
China	Chicken carcasses	Slaughterhouses	2011	283	45.2%	Bai <i>et al.</i> (2015)
England	Whole raw chickens	Retail	1998-2000	241	25%	Jørgensen <i>et al.</i> (2002)
Gales	whole chicken, chicken breast with skin or chicken pieces	Retail	na	300	29%	Harrison <i>et al.</i> (2001)
Greece	Poultry neck skin excision	Slaughterhouses	na	150	37%	Sakaridis <i>et al.</i> (2011)
Indonesia	Chicken cuts	Retail	na	40	52.5%	Kusumaningrum <i>et al.</i> (2012)
Iran	Chicken	Retail	2006-2007	190	45%	Dallal <i>et al.</i> (2010)
Malaysia	Broiler carcasses	Processing plants	na	104	50%	Rusul <i>et al.</i> (1996)
Romania	Chicken	Production sites and retail	2011	442	67.78%	Mihaiu <i>et al.</i> (2014)
Senegal	Chicken carcasses	Retail	2001-2002	300	32%	Cardinale <i>et al.</i> (2003)
South Africa	Chicken carcasses	Retail	na	99	19.2%	Nierop <i>et al.</i> (2005)
Spain	Broiler chicken carcasses	Slaughterhouses	2008	425	7.52%	Hue <i>et al.</i> (2011)
Spain	Chicken carcasses, legs, wings, necks and breasts	Retail	1993 and 2006	73 (1993); 156 (1996)	55% (1993); 12.4% (1996)	Álvarez-Fernández <i>et al.</i> (2012)
Turkey	Chicken carcasses and peaces	Retail	2008-2009	150	42.66%	Siriken <i>et al.</i> (2015)
Turkey	Packaged fresh raw chicken	Retail	2005-2006	200	34%	Yildirim <i>et al.</i> (2011)
Vietnam	Chicken carcasses	Retail	2007-2009	268	42.9%	Thay <i>et al.</i> (2012)

197

na = not available.

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

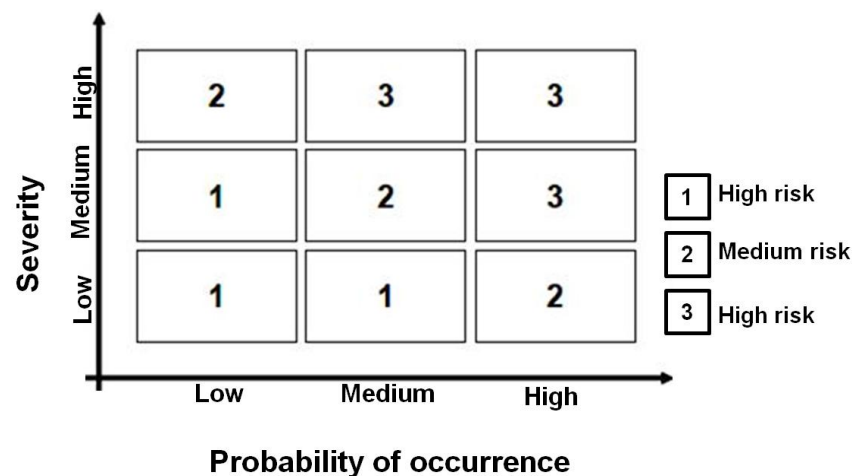
Several other studies also reported *Salmonella* contamination on Brazilian poultry (Baú *et al.*, 2001; Reiter *et al.*, 2007; Tessari *et al.*, 2008; Palmeira, 2008; Medeiros *et al.* 2011; Panzenhagen *et al.*, 2016), however, as observed in Table 2, the number of samples were smaller than those considered here, justifying differences among prevalence numbers. Despite that, the other studies conducted in Brazil also showed low percentage of *Salmonella* contamination on chicken carcasses (varying from 2.5% to 10.48%), either in slaughterhouses or retail (Baú *et al.*, 2001; Reiter *et al.*, 2007; Tessari *et al.*, 2008; Palmeira, 2008; Medeiros *et al.* 2011, Panzenhagen *et al.*, 2016). Interestingly the highest percentage (10.48%) was shown in a study (Baú *et al.*,

208 2001) conducted also in Southern Brazil, between 1997 and 1998, however
209 before the implementation of Brazilian PRP. After the implementation of PRP, it
210 was not found any publication with *Salmonella* contamination on chicken higher
211 than 8.3% (Panzenhagen *et al.*, 2016), what may indicate the efficacy of this
212 Official Brazilian Program and control measures adopted by food companies.
213 These results are consistent with the main objective described on the PRP:
214 “Increase of assurance of innocuousness for poultry products in the domestic
215 and foreign markets.” (Brasil, 2003a, item 5.5).

216 The increase in the quality and safety of animal origin products in countries
217 under well-organized Official Regulation was reported by diverse studies
218 (Sumner *et al.*, 2004; Federal Register, 2006; WHO, 2009). In France and
219 Spain, for instance, the prevalence has considerably decreased since the
220 establishment of mandatory regulations (Rose *et al.*, 1999; Hue *et al.*, 2011).
221 Sumner *et al.* (2004), using published and unpublished survey data from
222 Australia, concluded that there had been improvements in microbiological
223 quality of poultry over the same timeframe as regulatory changes.

224 In fact, the low *Salmonella* prevalence demonstrated in our study probably is
225 result of a long period of official control implemented on Brazilian poultry
226 production. Besides PRP, other regulations also help to complement
227 *Salmonella* control in Brazil, for instance, there is an Official Brazilian Schedule
228 to monitoring the microbiological contamination of meat, meat products, food
229 contact surfaces and water used in the industrial plants (Brasil, 2005; 2006b;
230 2013). One of the targets of *ante mortem* Veterinary Inspection in Brazil is
231 verifying any suspicious of pathogens or animal diseases, and these
232 procedures have been done in all Brazilian slaughterhouse under Federal
233 Inspection (Brasil, 1952; 1998).

234 In a simplified matrix (Figure 1) the risk can be measured like a function of
235 the probability and severity of a particular hazard (Tondo and Bartz, 2014) and it
236 can range from low, medium or high. According the Brazilian official criteria
237 (Brasil, 2013) and even from international legislation like USA (Federal
238 Register, 2011) and Europe (European Commission, 2005), it was possible to
239 observe that the average contamination level in these ten years studied (and
240 the few violated cycles since 2007) are very low and satisfactory. In other
241 words, the low prevalence of *Salmonella* in Brazilian chicken indicates that the
242 probability on finding such microorganism in this food is low. Additionally,
243 Brazilians culturally do not eat raw chicken (Zamberlan *et al.*, 2008; Galon *et al.*,
244 2011; UOL, 2015), and the companies under Federal Inspection Service keep
245 the cold chain during all the productive steps. Moreover, the serovars found in
246 commercial poultry produced in State of Rio Grande do Sul are non-typhoidal
247 *Salmonella*, like *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. heidelberg*, among other
248 (Oliveira *et al.*, 2005; Rowlands *et al.*, 2014; Mattiello *et al.*, 2015). These
249 serovars are considered of medium severity, since they can cause foodborne
250 outbreaks in which victims use to recover within 3 to 5 days (Baú *et al.*, 2009;
251 Mikcha, 2009). Considering these information, a simplified measuring may
252 assume a low risk for food safety. It is important to mention that this qualitative
253 information may be only used as a reference to risk manager developing a
254 quantitative risk identification that is basis for an effective Microbiological Risk
255 Assessment.



256

257 Figure 1 – Simplified qualitative risk matrix for food safety.

258 Adapted from Prado Filho (2011)

259 The sanitary controls along the whole poultry productive chain may have
 260 contributed to the low *Salmonella* prevalence on poultry verified in this study.
 261 For example, in Brazil, the regulation goes beyond the industrial plants, also
 262 covering the *Salmonella* control on farm level (Brasil, 2003b; 2007; 2012) –
 263 which is one of the most important step of poultry chain for controlling
 264 *Salmonella*, because once this microorganism has colonized the animals, it is
 265 very difficult to remove it. For instance, the Normative Instruction 78 (Brasil,
 266 2003b), determines the *Salmonella* monitoring in chicken and environment of
 267 farms, also regulating the use of specific vaccines. Just as a comparison, in
 268 Europe, actions are taken in case of unsatisfactory results, comprehending
 269 improvements in slaughter hygiene and review of process controls, origin of
 270 animals and biosecurity measures in the farms of origin (European
 271 Commission, 2005).

272 The low prevalence verified in our results also may indicate the benefits of
 273 implementation of self-controls programs done by Brazilian companies, i. e.
 274 Good Manufacturing Practices (GMP), Sanitation Standard Operating
 275 Procedures (SSOP), mandatory since 1997 (Brasil, 1996; 1997), and Hazard

276 Analysis of Critical Control Points (HACCP) mandatory since 2006 (Brasil,
277 2005).

278 In Table 2, it is possible to observe a wide variation in *Salmonella*
279 prevalence on chicken products worldwide (2.5% to 67.78%). Because of the
280 dynamic of the productive system, the microbial prevalence in meat may vary
281 along the years and, according to Bai *et al.* (2015), differences among
282 *Salmonella* contamination of chicken products may be significant even
283 comparing data from the same country. Indeed, there are other variables that
284 can interfere in the prevalence of microorganisms in foods like geographical
285 location, sampling and chosen methods, seasonal variations, source of
286 samples, as well as farming and slaughtering conditions (Siriken *et al.*, 2015;
287 EFSA, 2015). Additionally, freezing process of chicken carcasses also can
288 reduce the number of *Enterobacteriaceae* (Forster & Mead, 1976; Oscar, 2014).
289 It is worth mentioning that the poultry carcasses contaminated with *Salmonella*
290 spp. usually have small numbers of bacteria (<100 CFU/carcass), unless there
291 is a temperature abuse, what contributes to the pathogen multiplication
292 (NACMCF, 1997; Cardoso *et al.*, 2000; Risco, 2009). This attention with the
293 cold chain must be maintained from the industry to the end consumer, what is
294 verified by the MAPA inspectors.

295 Other factor that may have influenced the prevalence variation among
296 studies conducted in Brazil (Table 2) and the results presented in this study is
297 the analytical method used. For example, the Normative Instruction 70/2003
298 (Brasil, 2003a) allows the use of three distinct methods for *Salmonella* detection
299 by the laboratories. It is known that different methods for pathogen detection
300 have different accuracies and this could affect the prevalence values (Hsu *et al.*,
301 2011; Panzenhagen *et al.*, 2016).

302 About the performance standard considered in the Brazilian Pathogen
303 Reduction Program (n=51; c=12) (representing an acceptable prevalence about
304 20%) it is higher than used in United States (n=51; c=5) (prevalence about
305 10%), which was developed by FISIS in its nationwide microbiological baseline
306 data collection programs and surveys (Federal Register, 2011). Different from
307 these countries, the European Union use the neck skin excision and standards
308 as n = 50 and c = 7 (prevalence about 14%) (European Commission, 2005).

309 As stated by Cason *et al.* (2010a) the two commonly used methods of
310 testing chilled poultry carcasses for *Salmonella* prevalence are whole-carcass
311 rinsing (WCR) and neck skin excision. Both methods were originated from
312 scientific research but have been incorporated into national and international
313 microbiological standards for regulatory purposes. Despite the differences in
314 both procedures, no significant difference was found ($\alpha \leq 0.05$) (Cason *et al.*,
315 2010a; 2010b).

316 The *Salmonella* prevalence found in this study, the few cycles violated along
317 these 10 years of monitoring and the stricter standards of USA and Europe
318 allow us to suggest that it is possible to implement more stringent standards for
319 the Brazilian monitoring cycles. The constant revision of self-control programs
320 and enhancing the frequency of analyzes (as legally previewed when a cycle is
321 violated) also are a quality assurance to the company and to consumers. Note
322 that multiple violations occurred during the first year of effective monitoring of
323 Pathogen Reduction Program (in 2006) however, subsequent MAPA
324 assessments may have acted didactically to prevent further deviations of this
325 magnitude.

326 Although the characterization of *Salmonella* strains and their antibiotic
327 resistance are described in some studies in Brazil (Oliveira *et al.*, 2005;

328 Rowlands *et al.*, 2014; Mattiello *et al.*, 2015) the PRP might be expanded, using
329 the reliability, structure and national coverage of MAPA to supply official data
330 about this pathogen. The resulting information would supply the decision
331 makers about additional/future sanitary risks of Brazilian poultry meat. This may
332 be important to improve the already efficient productive chain and signaling to
333 markets that the safety of poultry slaughtered in Brazil is under control.

334 It is important to consider that concerns about foodborne salmonellosis have
335 led many countries to introduce microbiological criteria for certain food products.
336 If such criteria are not well-based in science, they could be an unjustified
337 obstacle to trade (Mead *et al.*, 2010). The complete elimination of *Salmonella* in
338 raw chicken meat is not a guarantee that can be given by most countries of the
339 world – one exception is Denmark (Ledstrup, 2012) – and may be inappropriate
340 because of the high costs, the lack of effective means of eliminating *Salmonella*
341 from raw poultry and the absence of any practical method for verifying its
342 absence (Mead *et al.*, 2010; Hedberg *et al.*, 2015). Thus, perhaps the ideal is
343 constantly seeking low contamination values, but ensuring that consumers are
344 informed about the inherent risks of the product. Brazilian law, as well as the
345 United States (USDA, 1997), requires that information be included about the
346 risk of contamination by *Salmonella* spp. on labeling of poultry meat. This
347 includes care on handling to prevent cross-contamination, cold chain
348 maintenance and do not consuming raw or undercooked product (Brasil, 2001).

349 This concern stems from the occurrence of *Salmonella* outbreaks associated
350 with consumption of chicken meat, for which data were provided by State of Rio
351 Grande do Sul Epidemiological Surveillance Division (Figueiredo, 2015).
352 According to this source, from 2006 to 2014, 22 salmonellosis outbreaks have

353 occurred, resulting in 364 sick persons. Such numbers are certainly higher,
354 because of the problem of subnotification.

355 Starting from the assertion that *Salmonella* contamination of poultry
356 carcasses slaughtered under Federal Inspection is low, our inference is that
357 current *Salmonella* outbreaks reported in Brazil associated to chicken meat may
358 be related to consumption of non inspected products. In this case, combating
359 the illegal slaughtering should be a priority and involve even the police force if
360 necessary.

361 If the prevalence of *Salmonella* on poultry indicated in this study is
362 acceptable or safe is a question that should be answered by risk analysis
363 studies, which should consider the reality of Brazilian companies and scientific
364 data. The results of this study are the first step for that and may contribute to
365 improvements on the self-controlling programs of companies and also the
366 current legislation.

367 The privileged position of Brazil in the international poultry market is
368 constantly threatened by other countries seeking to offer products with higher
369 quality and more competitive prices. Thus, the growing demands of consumers
370 and the international legislation likely to be sufficient incentives for companies
371 seeking increasingly align to the legal requirements, ensuring greater safety of
372 their products.

373

374 **5. CONCLUSION**

375 Compared with several other studies worldwide, low *Salmonella* prevalence
376 on chicken carcasses slaughtered under Federal Inspection in the State of Rio
377 Grande do Sul/Brazil from 2006 to 2015 was found. These results, considering
378 a simplified qualitative risk measuring indicate that *Salmonella* tend to represent

379 a low risk associated with poultry consumption in slaughterhouses under MAPA
380 inspection.

381 The active MAPA's Official regulation and the commitment of companies to
382 develop their self-control programs may have contributed to these results.
383 Nevertheless, some adjustments might be made in the legislation to make it
384 more complete.

385 Along the 10 years of data presented on this study, we observed little
386 variation in *Salmonella* prevalence. This may be related to the fact that it is
387 possible to reduce the contamination of a product throughout the production
388 chain applying basic actions as the implementation of Good Manufacturing
389 Practices. However, when contamination reaches lower levels (excellence
390 levels) this reduction becomes harder, demanding greater technology and
391 refined care in production controls.

392 To estimate the acceptable prevalence of *Salmonella* and maybe even other
393 emerging pathogens, a risk analysis must be carried out, considering all the
394 productive chain, the Brazilian reality, and scientific information, like those
395 presented in this study. The consumer (the final target of all processes) also
396 must be kept informed about the inherent risks associated to the possible
397 presence of *Salmonella* spp. in raw chicken meat.

398

399 **6. REFERENCES**

- 400 ABPA – Associação brasileira de Proteína Animal (2015). Annual Report 248p.
401 [http://abpa-](http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf)
402 [br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf](http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf)
- 403 Álvarez-Fernández E. *et al.* (2012). Prevalence and antimicrobial resistance of
404 *Salmonella* serotypes isolated from poultry in Spain: Comparison between 1993

- 405 and 2006. *International Journal of Food Microbiology* **153**: 281-287.
406 DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.011
- 407 AOAC – Association of Analytical Communities, (2011). Official Methods of
408 Analysis – Salmonella in a Variety of Food. VIDAS® Salmonella (SLM) Easy
409 Salmonella. <http://www.eoma.aocac.org/methods/info.asp?ID=49482>.
- 410 Bai L. *et al.* (2015). Prevalence of Salmonella Isolates from Chicken and Pig
411 Slaughterhouses and Emergence of Ciprofloxacin and Cefotaxime Co-Resistant
412 S. enterica Serovar Indiana in Henan, China. PLoS One 10: 15p. DOI:
413 10.1371/journal.pone.0144532
- 414 Barbour, E. K. *et al.* (2015). Impact of sporadic reporting of poultry *Salmonella*
415 serovars from selected developing countries. *J Infect Dev Ctries* **9**:001-007.
416 DOI:10.3855/jidc.5065
- 417 Baú A. C. *et al.* (2001). Prevalence of *Salmonella* in chicken products and hen's
418 eggs from Pelotas, RS, Brazil. *Ciência Rural* **31**: 303-307.
- 419 Baú, D. *et al.* (2009). *Salmonella* – agente epidemiológico causador de
420 infecções alimentares: uma revisão. Congresso Brasileiro de Economia
421 Doméstica, 20. http://www.xxcbcd.ufc.br/arqs/qt6/qt6_72.pdf.
- 422 Beefpoint (2013). Conheça qual é o posicionamento da Abrafrigo sobre abate
423 clandestino. <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/giro-do-boi/conheca-qual-e-o-posicionamento-da-abrafrigo-sobre-abate-clandestino/>.
- 425 Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2001). Resolução
426 RDC nº 13. Aprova o Regulamento Técnico para Instruções de Uso, Preparo e
427 Conservação na Rotulagem de Carne de Aves e Seus Miúdos Crus, Resfriados
428 ou Congelados, em Anexo. Brasília, 02 de janeiro de 2001.
429 http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9d14a400474574f7832bd73fbc4c6735/RDC_13.pdf?MOD=AJPERES
430
- 431 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2006).
432 CIRCULAR Nº 388/2006/CGPE/DIPOA. Brasília, 06/06/2006.
- 433 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2003a).
434 INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 70/SDA/MAPA. Brasília, 6 DE OUTUBRO DE
435 2003.
- 436 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2003b).
437 INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 78. Brasília, 3 DE NOVEMBRO DE 2003.
- 438 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2007).
439 INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 56. Brasília, 4 DE DEZEMBRO DE 2007.
- 440 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2012).
441 INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 36. Brasília, 7 DE DEZEMBRO DE 2012.
- 442 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2013).
443 NORMA INTERNA SDA Nº 04. Brasília, 16 DE DEZEMBRO DE 2013.

- 444 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2006b).
445 CIRCULAR CGPE/DIPOA Nº 294. Brasília, 05 DE MAIO DE 2006.
- 446 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (2005).
447 CIRCULAR CGPE/DIPOA Nº 175. Brasília, 16 DE MAIO DE 2005.
- 448 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (1997).
449 PORTARIA Nº 368. Brasília, 04 DE SETEMBRO DE 1997.
- 450 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (1996).
451 CIRCULAR DCI/DIPOA Nº 245. Determina a implantação do Programa de
452 procedimento padrão de Higiene Operacional (PPHO). Brasília, 25 DE
453 NOVEMBRO DE 1996.
- 454 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA (1998).
455 PORTARIA SDA Nº 210. Aprova o Regulamento Técnico da Inspeção
456 Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. Brasília, 10 DE
457 NOVEMBRO DE 1998.
- 458 Brasil. Ministério da Saúde (2014). Vigilância Epidemiológica das Doenças
459 Transmitidas por Alimentos.
- 460 Brasil. Presidência da república (1952). DECRETO Nº 30.691. Aprova o novo
461 Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.
462 Brasília, 29 DE MARÇO DE 1952.
- 463 Cardinale E. *et al.* (2003). Prevalence of *Salmonella* and *Campylobacter* in
464 Retail Chicken Carcasses in Senegal. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.* **56**: 13-
465 16.
- 466 Cardoso, A. L. S. P. *et al.* (2000). Pesquisa de *Salmonella spp.*, coliformes
467 totais, coliformes fecais e mesófilos em carcaças e produtos derivados de
468 frango. Arquivos do Instituto Biológico, 67.
469 http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/V67_1/pesquisa_salmonella.htm.
- 470 CDC. (2013). Vital Signs: Incidence and Trends of Infection with Pathogens
471 Transmitted Commonly Through Food – Foodborne Diseases Active
472 Surveillance Network, 10 U.S. Sites, 1996 – 2012.
473 http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6215a2.htm?s_cid=mm6215a2_w
474 [2_w](http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6215a2.htm?s_cid=mm6215a2_w)
- 475 CPT – Centro de Produções Técnicas (2016). Diga NÃO aos abatedouros
476 clandestinos. <http://www.cpt.com.br/cursos-ovinos/artigos/diga-nao-aos-abatedouros-clandestinos>.
477 [abatedouros-clandestinos](http://www.cpt.com.br/cursos-ovinos/artigos/diga-nao-aos-abatedouros-clandestinos).
- 478 Dallal M. M. S. *et al.* (2010). Prevalence and antimicrobial resistance profiles of
479 *Salmonella* serotypes, *Campylobacter* and *Yersinia spp.* isolated from retail
480 chicken and beef, Tehran, Iran. *Food Control* **21**: 388-392. DOI:
481 10.1016/j.foodcont.2009.06.001
- 482 EFSA (2015). The European Union Summary Report on Trends and Sources of
483 Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2013. *EFSA Journal*
484 **13**: 3991, 162p. DOI: 10.2903/j.efsa.2015.3991

- 485 El-Ghany, W. A. A *et al.* (2012). A Survey on *Salmonella* Species Isolated from
486 Chicken Flocks in Egypt. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 7:
487 489-501. DOI: 10.3923/ajava.2012.489.501
- 488 European Commission. (2005). Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of
489 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Off. J. Eur. Union L
490 338:1–26.
- 491 Federal Register. (1996). Pathogen Reduction; Hazard Analysis and Critical
492 Control Point (HACCP) Systems, Final Rule. USDA/FSIS. Fed. Regist.
493 61:38806-38989. [http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/e113b15a-837c-
494 46af-8303-73f7c11fb666/93-016F.pdf?MOD=AJPERES](http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/e113b15a-837c-46af-8303-73f7c11fb666/93-016F.pdf?MOD=AJPERES)
- 495 Federal Register. (2005). Generic *E. Coli* and *Salmonella* Baseline Results.
496 Available at: [http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/d6fe7505-36be-4a1f-
497 afe6-4e633d2dacc8/02-046N.pdf?MOD=AJPERES](http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/d6fe7505-36be-4a1f-afe6-4e633d2dacc8/02-046N.pdf?MOD=AJPERES)
- 498 Federal Register (2011). New Performance Standards for *Salmonella* and
499 *Campylobacter* in Young Chicken and Turkey Slaughter Establishments:
500 Response to Comments and Announcement of Implementation Schedule.
501 USDA/FSIS. Fed. Regist. Docket No. FSIS–2009–0034.
502 [http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/49d574f1-b0cc-4777-ab08-
503 98f1c50455f2/2009-0034.pdf?MOD=AJPERES](http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/49d574f1-b0cc-4777-ab08-98f1c50455f2/2009-0034.pdf?MOD=AJPERES)
- 504 Figueiredo, D. M. S. (2015). Dados surtos *Salmonella*. Epidemiological
505 Surveillance Division Manager. Personal E-mail sent to the authors. December
506 01, 2015.
- 507 Forster, R. D. and Mead, G. C. (1976). Effect of temperature and added
508 polyphosphate on the survival of *Salmonellae* in poultry meat during cold
509 storage. *Journal of Applied Bacteriology* 41:505-510. DOI: 10.1111/j.1365-
510 2672.1976.tb00663.x
- 511 Forsythe, S.J. (2002). Microbiologia da segurança alimentar. Porto Alegre.
512 424p.
- 513 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA. (2014). FSIS Procedure for
514 the Use of a Polymerase Chain Reaction (PCR) Assay for Screening
515 *Salmonella* in Meat, Poultry, Pasteurized Egg, and Catfish Products and
516 Carcass and Environmental Sponges. Laboratory Guidebook – Notice of
517 Change. MLG 4C.06.
- 518 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA (2015). The FSIS
519 *Salmonella* Action Plan: A Year One Update.
520 [http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-
521 answers/food-safety-fact-sheets/foodborne-illness-and-disease/salmonella/sap-
522 one-year.](http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/foodborne-illness-and-disease/salmonella/sap-one-year)
- 523 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA (2015b). Quarterly Progress
524 Reports on *Salmonella* and *Campylobacter* Testing of Selected Raw Meat and
525 Poultry Products. Dataset: 2006–2015 (Q3) *Salmonella* Quarterly Data.
526 [http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/data-collection-and-
527 reports/microbiology/quarterly-reports-salmonella/quarterly-progress-reports.](http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/data-collection-and-reports/microbiology/quarterly-reports-salmonella/quarterly-progress-reports)

- 528 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA. (2015). Changes to the
529 Salmonella and Campylobacter Verification Testing Program: Proposed
530 Performance Standards for Salmonella and Campylobacter in Not-Ready-to-Eat
531 Comminuted Chicken and Turkey Products and Raw Chicken Parts and
532 Related Agency Verification Procedures and Other Changes to Agency
533 Sampling; *Notice and request for comments*, 80 **Federal Register** 16 (January
534 26, 2015), pp. 3940-3950.
535 [http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/55a6586e-d2d6-406a-b2b9-
536 e5d83c110511/2014-0023.pdf?MOD=AJPERES](http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/55a6586e-d2d6-406a-b2b9-e5d83c110511/2014-0023.pdf?MOD=AJPERES)
- 537 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA. (2013). Serotypes Profile
538 of Salmonella Isolates from Meat and Poultry Products January 1998 through
539 December 2013. [http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/26c0911b-b61e-
540 4877-a630-23f314300ef8/salmonella-serotype-annual-
541 2011.pdf?MOD=AJPERES](http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/26c0911b-b61e-4877-a630-23f314300ef8/salmonella-serotype-annual-2011.pdf?MOD=AJPERES)
- 542 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA. (2015). Baseline data.
543 [http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/ffsis/topics/data-collection-and-
544 reports/microbiology/baseline/baseline](http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/ffsis/topics/data-collection-and-reports/microbiology/baseline/baseline)
- 545 FSIS – Food Safety and Inspection Service, USDA. (2010). New Performance
546 Standards for Salmonella and Campylobacter in Chilled Carcasses at Young
547 Chicken and Turkey Slaughter Establishments.
548 [http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/49d574f1-b0cc-4777-ab08-
549 98f1c50455f2/2009-0034.pdf?MOD=AJPERES](http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/49d574f1-b0cc-4777-ab08-98f1c50455f2/2009-0034.pdf?MOD=AJPERES)
- 550 Germano, P. M. L. (1993). Prevenção e controle das toxinfecções de origem
551 alimentar. *Higiene Alimentar*, **7**:6-11.
- 552 Harrison, W. A. *et al.* (2001). Incidence of Campylobacter and Salmonella
553 isolated from retail chicken and associated packaging in South Wales. *Letters in*
554 *Applied Microbiology* **33**: 450-454. DOI: 10.1046/j.1472-765X.2001.01031.x
- 555 Hedberg, C.W. *et al.* (2015). Potential Impacts of a Zero Tolerance Policy for
556 Salmonella on Raw Meat and Poultry. Issue Brief Food Policy Research Center.
557 [https://www.foodpolicy.umn.edu/policy-summaries-and-analyses/potential-
558 impacts-zero-tolerance-policy-salmonella-raw-meat-and](https://www.foodpolicy.umn.edu/policy-summaries-and-analyses/potential-impacts-zero-tolerance-policy-salmonella-raw-meat-and).
- 559 HSU, B.-M. *et al.* (2011). Evaluation of different analysis and identification
560 methods for Salmonella detection in surface drinking water sources. *Science of*
561 *the total environment* **409**:4435-4441. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.05.052
- 562 Hue O. *et al.* (2011). Prevalence of *Salmonella spp.* on broiler chicken
563 carcasses and risk factors at the slaughterhouse in France in 2008. *Food*
564 *Control* **22**: 1158-1164. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.01.009
- 565 ISO (2002). ISO 6579:2002 - Microbiology of food and animal feeding stuffs –
566 Horizontal method for the detection of Salmonella spp.
- 567 Jong, A. *et al.* (2011). Fluoroquinolone resistance of *Escherichia coli* and
568 *Salmonella* from healthy livestock and poultry in the EU. *Journal of Applied*
569 *Microbiology* **112**: 239–245. DOI: 10.1111/j.1365-2672.2011.05193.x

- 570 Kusumaningrum H. D. *et al.* (2012). Multidrug resistance among different
571 serotypes of *Salmonella* isolates from fresh products in Indonesia. *International*
572 *Food Research Journal* **19**: 57-63.
- 573 Ledstrup, M. (2012). No more *Salmonella* in Danish poultry.
574 <http://sciencenordic.com/no-more-salmonella-danish-poultry>.
- 575 Lestari, S. I. *et al.* (2009). Prevalence and antimicrobial resistance of
576 *Salmonella* serovars in conventional and organic chickens from Louisiana retail
577 stores. *Journal of Food Protection* **72**: 1165-1172. DOI:
578 10.1128/AEM.71.7.4108-4111.2005
- 579 MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2016). Sistema
580 de Informações gerenciais do Serviço de Inspeção federal. Evaluable in:
581 <http://sigsif.agricultura.gov.br/primeira_pagina/extranet/SIGSIF.html>. Access:
582 jan, 21 2016.
- 583 Mathias, J. F. C. M. (2008). A clandestinidade na produção de carne bovina no
584 Brasil. Revista de Política Agrícola XVII, n. 1. Evaluable in:
585 <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/viewFile/424/375>>.
586 Access: mar, 10 2016.
- 587 Mattiello, S. P. *et al.* (2015). Characterization of antimicrobial resistance in
588 *Salmonella enterica* strains isolated from Brazilian poultry production. *Antonie*
589 *van Leeuwenhoek* **108**:1227-1238. DOI: 10.1007/s10482-015-0577-1.
- 590 Mayrhofer S. *et al.* (2004). Antimicrobial resistance profile of five major food-
591 borne pathogens isolated from beef, pork and poultry. *International Journal of*
592 *Food Microbiology* **97**: 23-29.
- 593 Mead, G. *et al.* (2010). Scientific and technical factors affecting the setting of
594 *Salmonella* criteria for raw poultry: a global perspective. *Journal of Food*
595 *Protection*, **73**:1566-1590.
- 596 Medeiros M. A. N. *et al.* (2011). Prevalence and antimicrobial resistance of
597 *Salmonella* in chicken carcasses at retail in 15 Brazilian cities. *Rev Panam*
598 *Salud Publica* **30**: 555-60.
- 599 Mihaiu, L *et al.* (2014). First study of *Salmonella* in meat in Romania. *The*
600 *Journal of Infection in Developing Countries* **8**: 050-058. DOI: 10.3855/jidc.3715
- 601 Mikcha, J. M. G. (2009). Doenças Transmitidas por Alimentos. Especialização
602 em Microbiologia Aplicada Microbiologia de Alimentos. Laboratório de
603 Microbiologia e Microscopia de Alimentos – UEM.
604 http://www.unioeste.br/cursos/cascavel/posmicrobiologia/aulas/dta_2009.pdf.
- 605 Mughini-Gras, L. *et al.* (2014) Risk Factors for Human Salmonellosis Originating
606 from Pigs, Cattle, Broiler Chickens and Egg Laying Hens: A Combined Case-
607 Control and Source Attribution Analysis. **PLoS ONE** 9(2): e87933. DOI:
608 10.1371/journal.pone.0087933.

- 609 NACMCF – National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods.
610 (1997). Generic HACCP application in broiler slaughter and processing. *Journal*
611 *of Food Protection*, **60**: 579-604.
- 612 Nair, A. *et al.* (2015). Biofilm formation and genetic diversity of *Salmonella*
613 isolates recovered from clinical, food, poultry and environmental sources.
614 *Infection, Genetics and Evolution* **36**:424-433.
- 615 Nazir, Sh. *Et al.* 2012. Pathology of Spontaneously Occurring Salmonellosis in
616 Commercial Broiler Chickens of Kashmir Valley. *Journal of World's Poultry*
617 *Research*. **2**:63-69.
- 618 Nierop, W. *et al.* (2005). Contamination of chicken carcasses in Gauteng, South
619 Africa, by *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter*.
620 *International Journal of Food Microbiology* **99**: 1-6.
621 DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.06.009
- 622 Oliveira, S. D. *et al.* (2005). Antimicrobial resistance in *Salmonella enteritidis*
623 strains isolated from broiler carcasses, food, human and poultry-related
624 samples. *International Journal of Food Microbiology* **97**:297-305.
- 625 Oscar, T. P. (2014). General regression neural network model for behavior of
626 *Salmonella* on chicken meat during cold storage. *Journal of Food Science* **79**:
627 978-987. DOI: 10.1111/1750-3841.12435
- 628 Palmeira, A. L. B. (2008). Prevalence and Antimicrobial resistance profile of
629 *Salmonella sp.* isolated from broiler chicken and turkey carcasses in southern
630 Brazil during the period (2004 to 2006). *Acta Scientiae Veterinariae* **36**: 85.
- 631 Panzenhagen *et al.* (2016). Prevalence and fluoroquinolones resistance of
632 *Campylobacter* and *Salmonella* isolates from poultry carcasses in Rio de
633 Janeiro, Brazil. *Food Control* **61**: 243-247. DOI:
634 /10.1016/j.foodcont.2015.10.002
- 635 Prado Filho, H. R. (2011). Uma matriz de riscos para a saúde e segurança
636 ocupacional. <https://qualidadeonline.wordpress.com/2011/01/21/>.
- 637 Reiter, M. G. R. *et al.* (2007). Prevalence of *Salmonella* in a Poultry
638 Slaughterhouse. *Journal of Food Protection* **70**: 1723-1725.
- 639 Risco, S.A.D. (2009). Risk factors influencing the growth and survival of
640 *Salmonella* on poultry products. Dissertation. State University of New Jersey.
641 126p. <https://rucore.libraries.rutgers.edu/rutgers-lib/26258/PDF/1/>.
- 642 Rose, N. *et al.* (1999). Risk factors for *Salmonella enterica* subsp. *enterica*
643 contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period.
644 *Preventive Veterinary Medicine* **39**: 265-277. DOI: 10.1016/S0167-
645 5877(99)00002-1
- 646 Rowlands R. E. G. *et al.* (2014). Prevalence of drug resistance and virulence
647 features in *Salmonella spp.* Isolated from foods associated or not with
648 salmonellosis in Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*
649 **56**: 461-467. DOI: 10.1590/S0036-46652014000600001

- 650 Rusul G. *et al.* (1996). Prevalence of *Salmonella* in broilers at retail outlets,
651 processing plants and farms in Malaysia. *International Journal of Food*
652 *Microbiology* **33**: 183-194.
- 653 Sakaridis I. *et al.* (2011). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella*
654 serovars from chicken carcasses in northern Greece. *Journal of Food Safety*
655 **31**: 203-210. DOI: 10.1111/j.1745-4565.2010.00286.x
- 656 Siriken B. *et al.* (2015). Prevalence and Characterization of *Salmonella* isolated
657 from Chicken Meat in Turkey. *Journal of Food Science* **80**: 1044-1050. DOI:
658 10.1111/1750-3841.12829
- 659 Sumner, J. *et al.* (2004). Have changes to meat and poultry food safety
660 regulation in Australia affected the prevalence of *Salmonella* or of
661 salmonellosis? *International Journal of Food Microbiology* **92**: 199-205. DOI:
662 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.10.003
- 663 Tessari *et al.* (2008). Occurrence of *Salmonella* spp. in broiler carcasses from
664 slaughter plants of São Paulo, Brazil. *Ciência rural* **38**: 2557 -2560. DOI:
665 10.1590/S0103-84782008005000011
- 666 Thay, T. H. *et al.* (2012). Antibiotic resistance profiles of *Salmonella* serovars
667 isolated from retail pork and chicken meat in North Vietnam. *International*
668 *Journal of Food Microbiology* **156**:147–151.
- 669 Tondo, E. C. and Bartz, S. (2011). Microbiologia e sistemas de gestão da
670 segurança de alimentos. Porto Alegre: Sulina, 263p.
- 671 Tondo, E. C. *et al.* (2015). **Involvement in foodborne outbreaks, risk factors**
672 **and options to control *Salmonella* Enteritidis SE86**: an important food
673 pathogens in southern Brazil. In Hackett, C. B. (Ed.), *Salmonella*, Nova Science
674 Publishers: New York, p. 65-77.
- 675 USDA – United States Department of Agriculture. (1997). Code of Federal
676 Regulations. Animal and Animal Products. 9. Part 200-end. Special Edition of
677 the Federal Register. Food Safety and Inspection Service, (Meat, Poultry),
678 USDA.
- 679 WHO – World Health Organization. (2015). WHO estimates of the global burden
680 of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference
681 group 2007-2015.
682 <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/199350/1/9789241565165_eng.pdf?ua](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/199350/1/9789241565165_eng.pdf?ua=1)
683 [=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/199350/1/9789241565165_eng.pdf?ua=1)>.
- 684 WHO – World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the
685 United Nations. (2009). *Salmonella* and campylobacter in chicken meat:
686 Meeting report. Microbiological risk assessment series No. 19. Rome. 56 p.
687 <http://www.who.int/foodsafety/publications/mra19/en/>
- 688 Yildirim Y. *et al.* (2011). Incidence and antibiotic resistance of *Salmonella* spp.
689 on raw chicken carcasses. *Food Research International* **44**: 725-728. DOI:
690 10.1016/j.foodres.2010.12.040.

1 **3.2 Artigo 2 – Assessing the quality and safety of potable water used in bovine and**
2 **swine slaughterhouses under Federal Inspection Service of the State of Rio**
3 **Grande do Sul, Southern Brazil: an analysis of official data**

4

5 Mateus Silva de Lima^{a,b}; Diego Chemello Müller^a; Eduardo César Tondo^a

6

7 ^a Laboratório de Microbiologia e Controle de Alimentos, Instituto de Ciência e Tecnologia de
8 Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ICTA/UFRGS), Av. Bento Gonçalves,
9 9500, prédio 43212, Campus do Vale, Agronomia, CEP. 91.501-970 Porto Alegre/RS, Brasil.

10

11 ^b Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (MAPA). Serviço de Inspeção de produtos
12 de Origem Animal (SIPOA). Av. Loureiro da Silva, 515 - Centro Histórico, CEP 90010-420 Porto
13 Alegre/RS, Brasil.

14

15

ABSTRACT

16 The importance of quality and safety of potable water for bovine and swine production is
17 well know, however few studies were able to analyze expressive amount of samples, allowing to
18 understand the general condition of water used at slaughterhouses of a specific region. The
19 objective of this study was to discuss the results of 1,555 official microbiological and
20 physicochemical analyzes of water collected in 29 bovine and swine slaughterhouses of the
21 State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. According to the results, low percentages of
22 microbiological and physicochemical nonconformities were observed, what may indicate
23 adequacy of controls implemented by companies and the effectiveness of official supervision.
24 The main nonconformities found respectively for bovine and swine slaughterhouses were for
25 Mesophilic Aerobic Count Bacteria (5.46 and 1.55%), Total coliform count (5.46 and 1.03%), pH
26 (6.35 and 3.72%), aluminum (5.44 and 1.24%), color (4.54 and 1.55%) and Chlorine (3.17 and
27 0.62%). The majority of nonconformities were linked to quality parameters and not to those of
28 safety issues. Considering microbiological and physicochemical nonconformities together,
29 bovine slaughterhouses presented higher percentage of violations (15.05%) than swine
30 (6.59%), indicating that additional control must be done to fulfill the legal requirements.
31 Assuming that water in food companies should accomplish to all parameters of the current
32 legislation and violation may result in risk, we suggest that risk analysis studies should be done,
33 considering the reality of Brazilian companies and scientific data to estimate the significance of
34 every deviation in parameters to the food safety. The results of this study are the first step for
35 that and may contribute to some adjusts in the quality programs of companies and also in the
36 current Brazilian legislation.

37

38 **Keywords:** Supply water quality, food industry, contamination, slaughterhouses

39

40

41 **1. INTRODUCTION**

42 The quality of water is one of the most important issues to be controlled in food production
43 [01]. Poor water quality is a major threat to human health, because it may be vehicle for the
44 transmission of many agents of diseases, in special pathogenic microorganisms [02] [03]. It is
45 estimated that 842,000 deaths per year are attributable to diarrhoeal cases caused for unsafe
46 water supply, sanitation and hygiene, mostly in developing countries [04].

47 Apart from direct ingestion of contaminated water, people can be exposed to infectious
48 agents or toxic chemicals through (i) the ingestion of contaminated water incorporated into
49 foods; (ii) the ingestion of foods irrigated with or harvested with contaminated water; (iii) and the
50 ingestion of foods that have come into contact with contaminated water during processing [05]
51 [06]. Considering the slaughterhouses, the third situation is the most relevant.

52 The major microbiological hazards in water supply are pollution of raw water sources and
53 recontamination of treated waters (inside food industries, including the water storage and
54 distribution system) [09]. The water used in food companies may be either from external
55 suppliers, as water companies, or from their own sources, i.e. wells, ground water or surface
56 water. The type and degree of treatment required to make water safe differs, depending on the
57 quality of the raw water source [05] [10] [11].

58 Slaughtering animals and the processing of animal products require large amounts of water
59 used for cleaning facilities and utensils, washing carcasses and hygiene of workers [05] [12]
60 [13]. Therefore, slaughterhouse processes might be coupled with strict legislation and self-
61 control programs in order to keep the quality of water and protect public health and the
62 environment [14]. Water quality for industrial use can be improved with the use of appropriate
63 treatment technologies and monitoring of its parameters by the companies and official bodies
64 [13]. The major purpose is to provide chemically and microbiologically safe water and
65 essentially unchanged with the sensory attributes [15].

66 The WHO Guidelines has set microbial and chemical quality targets for potable water.
67 These Guidelines have been used as a reference for the legal requirements of water worldwide
68 [16]. In the United States is mandatory for food industries, according to Good Manufacturing
69 Practices – GMP [17] and the Sanitation Standard Operating Procedure – SSOP requirements
70 [18], that any water that contacts food or food-contact surfaces shall be safe and of adequate
71 sanitary quality. Running water at a suitable temperature and under adequate pressure shall be

72 provided in all areas where required for the processing of food, for the cleaning of equipment,
73 utensils, and food-packaging materials, or for employee sanitary facilities. The European Union
74 has established the minimum requirements to the Member States and importers by the Council
75 Directive 98/83/EC [19]. In this document are listed several physicochemical and microbiological
76 analyzes, like *Escherichia coli*, Total coliform count, *Clostridium perfringens*, pesticides,
77 trihalomethanes, among others. Member States shall set values for additional parameters not
78 originally included or stiffen the existing.

79 Brazil established its own water standards based on WHO Guidelines and European Union
80 Directives. The water, steam and ice that contacts food or food-contact surfaces in Brazil also
81 follow some recommendations from [17] and [18]. The monitoring of water quality demands
82 frequent control in Brazilian food industries [20]. For example, the Standard Operating
83 Procedures of companies shall address the treatment, monitoring and how water is stored [21],
84 while microbiological and physicochemical standards are determined by Ordinance 2914/2011
85 [22], which was done based on WHO recommendations.

86 In practice, the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) has the direct
87 attribution to regulate and inspect the Brazilian companies of animal origin products. According
88 to Brazilian law, the maintenance of water quality is responsibility of the company and the
89 monitoring is done by Official Service (ex. MAPA) through the called "Routine Analyzes" and
90 "Inspection Analyzes" [23]. The first one is carried out every two weeks, aiming at getting
91 information about sensorial, physicochemical and microbiological characteristics of water and
92 the treatment efficacy (see Table 1). The latter has a wider scope, is made every six months
93 and is primordially made in slaughterhouses that export to European Union following the
94 requirements of European Union [19]. The water parameters required by MAPA in "Routine
95 Analyzes" for slaughterhouses are a compilation of some analyzes from Council Directive
96 98/83/CE [19], Decree 30,691 [24] and Ordinance 2914/2011 [22].

97 Despite the relevance of water in Brazilian slaughterhouses, scientific studies about this
98 theme are rare, because appropriate sampling is difficult to perform and industries do not
99 publish their internal results of analyses. Some studies are available, however, unfortunately,
100 the number of samples tested are not very high [25] [26] [02]. The quality of water in Brazilian
101 slaughterhouses is particularly important because, currently, Brazil has a prominent role in world
102 production and exporting of meat products [08] [27], representing 7.6% (US\$12.19 billion) of the

103 entire Brazilian commercial trade [28]. This country also is the third and fourth exporter of
 104 bovine and pork meat products of the world, respectively [07] [08]. The State of Rio Grande do
 105 Sul is the eighth producer of bovine [52] and second of swine [53] in Brazil.

106 The objective of this study was to organize and discuss official microbiological and
 107 physicochemical results of water used in bovine and swine slaughterhouses in the State of Rio
 108 Grande do Sul, an important producer region of Brazil in way to provide science-based
 109 information to conscious decision taken in productive or regulatory level.

110

111 2. MATERIALS AND METHODS

112 In this study we had access to official results of routine analysis of water collected by
 113 officers of Ministry of Agriculture, Livestock and Supply in Bovine and Swine slaughterhouses.
 114 The samples represented the treated water used by the companies in the processes and
 115 cleaning. The collection was made according to the instructions of the “Manual of Procedures
 116 on Environmental Health Surveillance Related to the Water Quality” [29] and the “Sample
 117 Receipt guide of the National Network of Agricultural Laboratories” [30]. The parameters
 118 evaluated followed the scope of “Routine Analyzes” described in Table 1.

119 Table 1 – Routine analyzes of water performed by Official Service in industries of animal origin
 120 products of Brazil.

	Analysis*	Code	Standard	Legislation**	Obs.
Physicochemical	Color	FQ 20	Max. 15uH	1	
	Conductivity	FQ 27	Max. 2500 uS/cm	3	
	Nitrite	FQ 65	Max. 1 mg /L	1	
	Ammonium Nitrogen (ammonia)	FQ 66	Max. 1.5 mg/L	1	
	Odor	FQ 69	Not perceptible	1	Characteristic of chlorine should be considered not perceptible
	pH	FQ 71	6.0 to 9.5	1	
	Turbidity	FQ 89	Max. 5 UT	1	
	Aluminum	FQ 93 – Al	Max. 0.2mg/L	1	
	Iron	FQ 93 – Fe	Max. 0.3mg/L	1	
Microbiolog - ical	<i>Clostridium perfringens</i>	M 04	Absence in 100mL	3	
	Total coliform count	M 08	Absence in 100mL	1 and 3	
	<i>Escherichia coli</i>	M 10	Absence in 100mL	1 and 3	
	Mesophilic aerobic count	M 13	Max. 5x10 ² UFC/mL	2	

121 * Free chlorine is also a required analysis and almost always is carried out inside industries, by
 122 an Official Inspector. The result is computed in the Official request of Analysis. The standard
 123 acceptable range is 0.2 to 2 mg/L [22].

124 **1 – [22]; 2 – [24]; 3 – [19].

125

126 The sampling occurred between Jan./2012 and Dec./2015 and the frequency in every
 127 slaughterhouse was biweekly, at least, following the legal schedule [23]. Sampling comprised all
 128 the bovine and swine slaughterhouses under Federal Inspection Service (SIF) in the State of
 129 Rio Grande do Sul/Brazil. All the procedures were made by officers of MAPA, which collected
 130 water samples submitted to microbiological and physicochemical analyses. Samples were
 131 analyzed at MAPA's Official Network Laboratories, according to the recognized methods
 132 described in Table 2.

133

134 Table 2 – Reference methods for the examination of Water used by MAPA's Official Network
 135 Laboratories, Brazil.

	Parameter	Reference Method
Microbiological	<i>Clostridium perfringens</i>	Council Directive 98/83/EC [19];
	Total coliform and <i>Escherichia coli</i> counts	ISO 9308 [31];
	Standard mesophilic aerobic count	ISO 6222 [32].
Physicochemical	Color	Method 2120B [13];
	Conductivity	Method 2510B [13];
	Nitrite	Method 4500B [13];
	Ammonia, Odor and pH	Ordinance 1 [33];
	Turbidity	Method 2130B [13];
	Aluminum and Iron	Method 3120B [13].

136

137 Sometimes, the result of analysis were not evaluable because the sample was rejected for
 138 improper temperature, extrapolated term delivery, broken seal, etc. The results of samples
 139 effectively analyzed were made available through an Official Result Analysis – COA, which
 140 contains information about the kind of analysis (microbiological or physicochemical), place and
 141 time of sample collection, company name, specifications of sample analyzed, among others.

142 The data extracted from COA were compiled and organized into a database (Microsoft®
 143 Office Excel® 2007) and filtered by the slaughtered specie and then according to each
 144 parameter analyzed. Afterward, each result was evaluated under the standards established by
 145 MAPA. Several “cleaning” runs were performed on these databases in order to check for
 146 duplicates and contradictory data [34].

147

148 **3. RESULTS**

149 In this study, the results of 1,555 analyzes of water were evaluated, being that 844 came
 150 from bovine slaughterhouses and 711 from swine establishments. The data from 13 beef and 16
 151 swine slaughterhouses were evaluated, totalizing 29 industrial plants. Considering the total of
 152 analyses, 764 and 791 results were physicochemical and microbiological, respectively (Table 3
 153 and 4).

154 Table 3 – Nonconformities index of microbiological analyses carried out in potable water used in
 155 Bovine and Swine slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil from 2012 to 2015.

Type of slaughterhouse	Total of analyzes	Total of Mesophilic Aerobic Count Bacteria*	Total <i>coliform</i> count#	<i>Escherichia coli</i> #	<i>Clostridium perfringens</i> #
Bovine	403 (100%)	22 (5.46%)	22 (5.46%)	04 (0.99%)	01 (0.25%)
Swine	388 (100%)	06 (1.55%)	04 (1.03%)	04 (1.03%)	00 (0.00%)

156 Official limits: *Max. 5×10^2 UFC/mL; #Absence in 100mL.

157 Table 4 – Nonconformities index of physicochemical analyses carried out in potable water used
 158 in Bovine and Swine slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil from 2012 to
 159 2015.

Type of slaughterhouse	Total of analyzes	pH	Aluminum	Color	Chlorine	Odor	Iron	Turbidity
Bovine	441 (100%)	28 (6.35%)	24 (5.44%)	20 (4.54%)	14 (3.17%)	14 (3.17%)	9 (2.04%)	4 (0.91%)
Swine	323 (100%)	12 (3.72%)	4 (1.24%)	5 (1.55%)	2 (0.62%)	0 (0.00%)	4 (1.24%)	5 (1.55%)

160 Obs. Ammonia and conductivity were inferior to 1% in both species and nitrite analyzes did not
 161 present any nonconformity.

162

163 Considering water samples that had both microbiological and physicochemical results, this
 164 study evaluated 577 water samples. Among them, 15.05% (bovine) and 6.59% (swine) had
 165 deviation in at least one of the parameters analyzed (Table 5).

166

167

168 Table 5 – General nonconformity index of potable water used in Bovine and Swine
 169 slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil from 2012 to 2015.

Specie	Total of samples	Nonconformities				Total Cl ⁺ deviations in MB
		PQ* and/or MB [#]	Just MB	Just PQ	PQ and MB	
Bovine	319	15.05%	5.96%	7.84%	1.25%	26.09%
Swine	258	6.59%	3.10%	3.49%	0.00%	0.00%
Total	577	11.27%	4.68%	5.89%	0.69%	22.22%

170 *PQ – Physicochemical analyzes; #MB – Microbiological analyzes.

171 ⁺Refers to the nonconformity index of microbiological analysis that also present deviation in the
 172 chlorine content.

173

174 Among the microbiological results in Table 3, Total of Mesophilic Aerobic Count Bacteria
 175 and Total coliform counts were responsible for the higher percentages of nonconformities –
 176 5.46%. The logarithmical Mesophilic counts higher than the standard of 5×10^2 UFC/mL reached
 177 10^5 (n=1), 10^4 (n=3), 10^3 (n=7) and 10^2 (n=11). The presence of Total coliforms was detected in
 178 22 water samples, which presented the following counts (CFU/mL): 10^3 (n=1), 10^2 (n=4), 10^1
 179 (n=3) and 10^0 (n=14).

180

181 4. DISCUSSION

182 Among 1,555 results of potable water used in bovine and swine slaughterhouses in the
 183 State of Rio Grande do Sul/Brazil, it was possible to observe not more than 6.35% percentages
 184 of microbiological and physicochemical nonconformities (Table 3 and 4). These results may
 185 show essentially the adequacy of controls implemented by companies and also the
 186 effectiveness of legislation and official supervision, acting preventively and correctively on the
 187 water quality and safety. Despite of that, the water used in bovine slaughterhouses
 188 demonstrated higher percentages of nonconformities compared with the swine industries, taking
 189 into account almost all parameter evaluated. The low frequency of deviations in parameters
 190 indicated low probability of food contamination by water and the hazards found represented low
 191 severity (ex. mesophilic aerobic bacteria and total coliforms). Considering the risk like a function
 192 between the probability and the severity of an identified hazard [1], the simplified qualitative
 193 assessment of the available data may estimate the water of industries studied as low
 194 microbiological risk for food safety.

195 Regardless the low rate of noncompliance of individual analyzes, the MAPA regulation
196 demands that water used at slaughterhouses fulfills all legal requirements [23]. In this case,
197 taking into account all criteria (physicochemical and microbiological), the total of water samples
198 that were out of the legal specifications were 15.05% in bovine slaughterhouses and 6.59% in
199 swine slaughterhouses (Table 4) indicating that additional control must be done according the
200 national standards. The slaughtering of bovine tend to have more microbial risks than the swine
201 slaughtering because the characteristics of each process and the smaller volume of pork
202 carcasses [35]. Despite of that, the differences in the water contamination found in our study
203 may not be associated with the differences in process of both species, because we are
204 considering the sampling of treated water before it was introduced in the process. Actually, this
205 indicate higher adequacy of water self-control programs carried out by swine companies.
206 Historically, the Brazilian beef agribusiness has faced management problems that interfered
207 with competitiveness and quality of products and processes [36] [37]. These problems may also
208 have influenced the control of water inside companies. However, currently, this sector is
209 comprised mainly by large companies, which are well organized and controlled, suggesting that
210 a deeper assessment, perhaps through case studies, would be useful to identify the real
211 reasons for the differences in water qualities between the swine and bovine industries.

212 Even though results demonstrated low percentages of microbiological nonconformities,
213 attention should be given to mesophilic aerobic bacteria and total coliforms found above the
214 limits in 5.46% of water samples of bovine industries. These are groups of indicator bacteria, but
215 may contain pathogenic microorganisms, which can remain or proliferate in water if the pH,
216 chlorine, organic matter and other parameters are not maintained under appropriate levels [38].
217 The contamination of bovine carcasses after contact with contaminated water was reported in
218 Ireland [39] and in Nigeria [06].

219 In fact, the concentration of free chlorine was not appropriate in 26.09% of samples with
220 inadequate microbiological results of bovine companies (Table 5), highlighting the importance of
221 adequate chlorination of water. According to Food and Drug Administration, who investigated
222 deficiencies in water supplies responsible for food outbreaks in the USA, improper/inadequate
223 chlorination was one of the most common problems in water [40]. Complementarily, other
224 reasons like the use of water storage tanks that were not properly cleaned or that did not protect
225 the water from contamination also were reported.

226 Results of Table 4 demonstrated the pH and aluminum as the main physicochemical results
227 out of standards. The pH interferes in the dissolution of chlorine, performing an important role in
228 the efficiency of this disinfectant against microorganisms [41] [42]. Nevertheless, in none water
229 sample that showed nonconformities in pH had bacteria counts above the limits, suggesting that
230 other controls on the water treatment were effective for controlling bacterial counts. The
231 presence of aluminum in water is associated with toxicity and other health problems [43] [44]
232 and its occurrence in treated water may be a result of its use as reactant for coagulation-
233 flocculation [45] [46]. The residual aluminum in water is reduced by coagulants [47] or some
234 substitute of this metal, as tannins [48] [49].

235 Considering the sum of deviations in microbiological results 7.21% (5.96+1.25%) for bovine
236 and 3.1% for swine (Table 5), our results are similar to those described by a study conducted in
237 the State of São Paulo/Brazil, that found 7.4% of nonconformities (total and fecal coliforms and
238 mesophilic aerobic counts) in 393 water samples collected from 64 food industries of animal
239 origin [50].

240 Taking into account the wide variability of possible bacteria that may be present in water, it
241 is possible to assume that, in practice, the absolute exclusion of all pathogens from water
242 supply is an almost unachievable goal. However, control measures have to be in place in order
243 to control microbiological risks. The water must have an insignificant risk to public health, but it
244 does not imply sterility, nor the complete absence of pathogens. If water is “safe” or potable
245 then any viruses or pathogenic bacteria and protozoa that may be introduced into foodstuffs
246 should not represent a significant health risk [05].

247 In this perspective, even considering that the percentages of nonconformities demonstrated
248 in this study were low, water used in food industries should be always potable, and preferably,
249 without elevate counts of microorganisms. The risks associated to different microbial and
250 residues levels, even the acceptable levels, should be studied by risk analysis, which consider
251 the reality of Brazilian companies and scientific data. The results of this study are the first step
252 for that and may contribute to some adjusts in the quality programs of companies and also in
253 the current legislation.

254 The development of a modern regulation model requires the regulator, in conjunction with
255 water suppliers and other stakeholders, to establish standards that are acceptable and systems
256 of verification that are reliable [51]. For example, other microorganisms of interest sometimes

257 may be searched by the companies in way to estimate the potential risks associated with the
258 water use in the industries. In a study searching for *mycobacterium* strains from 12 samples of
259 treated water from poultry slaughterhouse water of São Paulo State, authors have isolated
260 *Mycobacterium gordonae* from five of them (41,7%) [02]. In counterpart, a research analyzed
261 the occurrence of *Aeromonas* in water used by an exporter beef slaughterhouse also located in
262 the state of São Paulo, Brazil. None of the water samples (n=30) was positive for the bacterium
263 [25]. It's worth to mention that chemical residues like pesticides are a great concerning
264 depending on the source were the water was obtained.

265 Prevention is better than cure [05] and prevention of food contamination throw unsafe water
266 is easier, cheaper and more ethical than deal with the risks and penalties associated to
267 distribution of food improper to consumption.

268

269 5. CONCLUSION

270 Low percentages of microbiological and physicochemical nonconformities were found in the
271 water used in bovine and swine slaughterhouses in the State of Rio Grande do Sul/Brazil.
272 These results are consequence of the controls implemented by companies and also the
273 effectiveness of official supervision, which act preventively and correctively in the management
274 of water quality.

275 The water used in bovine slaughterhouses demonstrated greater percentages of
276 nonconformities compared with the swine industries, considering almost all parameter
277 evaluated. In special, is the presence of coliforms and mesophilic aerobic bacteria in some
278 water samples of bovine industries, which partly might be related to deficiencies in chlorination.

279 If the nonconformities in physicochemical and microbiological analyses are considered
280 together, the total percentage of inadequate water samples were considerable, indicating that
281 additional control must be done by the companies to fulfill the legal requirements. Considering
282 the specificities of national producers, the relevance of each parameter of water in food safety
283 must be evaluated by the regulation body in order to prevent potential risks associated to water
284 used in slaughterhouses. Subsequently, the results of the present study can be used to risk
285 analysis studies, allowing conscious decision-taken and possible improvements in Brazilian
286 bovine and swine companies.

287

288 **6. REFERENCES**

- 289 [01] Tondo, E.C., Bartz, S. (2014). Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de
290 alimentos. p.17-22. Porto Alegre: Sulina. 263p.
- 291 [02] PRINCE, K.A., COSTA, A.R., MALASPINA, A.C., LUÍS, A.F. and LEITE, C.Q.F. (2005).
292 Isolation of Mycobacterium gordonae from poultry slaughterhouse water in São Paulo State,
293 Brazil. *Revista Argentina de Microbiología*, **37**, 106-108.
- 294 [03] WHO – World Health Organization (2015). Progress on Sanitation and Drinking Water –
295 2015 update and MDG assessment. 90p.
296 [http://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Up
297 date.pdf](http://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update.pdf).
- 298 [04] WHO – World Health Organization (2014). Preventing diarrhoea through better water,
299 sanitation and hygiene: exposures and impacts in low- and middle-income countries. 48p.
300 Evaluable online:
301 <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/150112/1/9789241564823_eng.pdf?ua=1/ua=1>.
302 Access: Jan. 31, 2016.
- 303 [05] Kirb, R.M., Bartram, J. and Carr, R. (2003). Water in food production and processing:
304 quantity and quality concerns. *Food Control*, **14**, 283-299. [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-
305 7135\(02\)00090-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00090-7).
- 306 [06] Bello, M., Lawan, M. K., Kwaga, J. K. P., Raji, M. A. (2011). Assessment of carcass
307 contamination with E. coli O157 before and after washing with water at abattoirs in Nigeria.
308 *International Journal of Food Microbiology* **150**: 184-186.
309 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.029>.
- 310 [07] ABPA – Associação brasileira de Proteína Animal (2015). Annual Report. 248p. [http://abpa-
311 br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf](http://abpa-br.com.br/files/publicacoes/c59411a243d6dab1da8e605be58348ac.pdf)
- 312 [08] USDA – United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service. (2015).
313 Beef and Veal Selected Countries Summary/ Broiler Meat Selected Countries Summary / Pork
314 Selected Countries Summary. <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>.
- 315 [09] Havelaar, A.H. Application of HACCP to drinking water supply (1994). *Food Control*, **5**,145-
316 152. [http://dx.doi.org/10.1016/0956-7135\(94\)90074-4](http://dx.doi.org/10.1016/0956-7135(94)90074-4).
- 317 [10] ILSI – International Life Sciences Institute (2008). Considering Water Quality for Use in the
318 Food Industry. ILSI Europe Report Series. 48p.
319 http://www.ilsi.org/Europe/Publications/R2008Con_H2O.pdf.
- 320 [11] EUFIC – The European Food Information Council Newsletter (2015). Use of water in food
321 production. http://www.eufic.org/article/en/artid/Use_of_water_in_food_production/.
- 322 [12] Kist, L.T., Moutaqi, S.E. and Machado, E.L. (2009). Cleaner production in the management
323 of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. *Journal of
324 Cleaner Production*, **17**, 1200-1205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.006>.
- 325 [13] Barana, A.C., Botelho, V.M.B., Wiecheteck, G.K., Doll, M.M.R. and Simões D.R.S. (2014).
326 Rational use of water in a poultry slaughterhouse in the State of Paraná, Brazil: a case study.
327 *Eng. Agríc., Jaboticabal*, **34**, p.171-178.
- 328 [14] Stoop, M.L.M. (1999). Application of a mathematical calculation model to reduce
329 slaughterhouse (water) pollution in developing countries. *Technovation*, **19**, 323-331.
- 330 [15] APHA – American Public Health Association (2012). Standard Methods for the Examination
331 of Water and Wastewater, 22nd Edition.

- 332 [16] WHO – World Health Organization (2011). Guidelines for drinking-water quality. 4th Edition.
333 http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf
- 334 [17] FDA – Food and Drug Administration (2015a) Current Good Manufacturing Practice in
335 Manufacturing, Packing, or Holding Human Food. CFR, Title 21 Part 110. Revised as of April 1,
336 2015.
337 <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=110&showFR=1>.
338
- 339 [18] FDA – Food and Drug Administration (2015b) Hazard Analysis and Critical Control Point
340 (HACCP) Systems. CFR, Title 21 Part 120. Revised as of April 1, 2015.
- 341 [19] EU – European Union. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998. On the quality of
342 water intended for human consumption. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1998:330:0032:0054:EN:PDF>.
343
- 344 [20] Brazil – Ministry of Health. Portaria SVS/MS 326, de 30 de julho de 1997. Aprova o
345 Regulamento Técnico; "Condições Higiênicas Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para
346 Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos".
- 347 [21] Brazil – Ministry of Health – ANVISA. Resolução RDC 275, de 21 de outubro de 2002.
348 Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados
349 aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das
350 Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos.
- 351 [22] Brazil – Ministry of Health. Portaria 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os
352 procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu
353 padrão de potabilidade.
- 354 [23] Brazil. Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (2005). Circular Nº
355 175/2005/CGPE/DIPOA. Procedimentos de Verificação dos Programas de Autocontrole.
356 Brasília, 16 de maio de 2005.
- 357 [24] Brasil. Presidência da república. DECRETO Nº 30.691. Aprova o novo Regulamento de
358 Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília, 29 DE MARÇO DE
359 1952.
- 360 [25] Rossi Jr, O.D., Amaral, L.A. and Nader Filho, A. (2000). *Aeromonas* bacteria in beef
361 slaughtering water. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, **52**, 1-8.
362 <http://dx.doi.org/10.1590/S010209352000000500023>.
- 363 [26] Costa, F.N. and Rossi Jr., O.D. (2002). Contamination by *Aeromonas* spp. in poultry
364 slaughterhouse. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, **54**. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352002000500013>.
365
- 366 [27] ABIEC – Brazilian Beef Exporters Association (2015). Brazilian Beef Exports: fresh beef.
367 <http://www.abiec.com.br/download/jan-out2015.pdf>.
- 368 [28] CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2015). Balanço 2015 e
369 Perspectivas 2016. Parte 1 - Balanço e Perspectivas - Panorama Econômico/Mercado
370 internacional. <http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/sites-especiais/balanco-2015-e-perspectivas-2016>.
371
- 372 [29] Brazil/MS – Ministry of Health (2006). Manual of Procedures on Environmental Health
373 Surveillance Related to the Water Quality for Human Consumption / Ministério da Saúde,
374 Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília. 284 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
375 http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_procedimentos_agua_consumo_humano.pdf.
376
- 377 [30] BRAZIL/MAPA – Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (2014). Sample Receipt
378 guide of the National Network of Agricultural Laboratories. IQA/DEQ/CGAL, Jul/2014. 16p.

- 379 [http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-
inicial/laboratorios/publicacoes/manuais-e-guias](http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-
380 inicial/laboratorios/publicacoes/manuais-e-guias)
- 381 [31] ISO 9308 (2000). Water quality - Detection and enumeration of *Escherichia coli* and
382 coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method - ISO 9308-1:2000/Cor. 1:2007(E).
- 383 [32] ISO 6222 (1999). Water quality – Enumeration of culturable microorganisms – Colony count
384 by inoculation in a nutrient agar culture medium.
- 385 [33] BRAZIL/MAPA – Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (1981). Portaria nº1, 1981.
386 MAPA/LANARA. Aprovar os Métodos Analíticos para Controle de Produtos de Origem Animal e
387 seus Ingredientes, constituindo-se em Métodos Microbiológicos e Métodos Físicos e Químicos.
- 388 [34] Lithg-Pereira, P. L., Mainar-Jaime, R. C., Álvarez-Sánchez, M. A., Rojo-Vázquez, F. A.
389 (2001). Evaluation of official eradication-campaigns data for investigating small-ruminant
390 brucellosis in the province of León, Spain. Preventive veterinary medicine, **51**, 215-225.
- 391 [35] FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). Abattoir
392 development. Options and designs for hygienic basic and medium-sized abattoirs.
393 2.Slaughterhouse hygiene problems and solutions.
394 <http://www.fao.org/docrep/010/ai410e/AI410E05.htm>.
- 395 [36] Moricochi, L.; Peetz, V.S., Bueno, C.R.F., Anjos, A.C. (1995). Uma reflexão sobre a
396 indústria de carne bovina no Brasil. Informações Econômicas, **25**, 61-67.
397 <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/1995/ie-0695t1.pdf>
- 398 [37] Caleman, S.M.Q., Zylbersztajn, D. (2012). Falta de garantias e falhas de coordenação:
399 evidências do sistema agroindustrial da carne bovina. Revista de Economia e Sociologia Rural,
400 **50**, 223-242. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032012000200002>.
- 401 [38] WHO – World Health Organization (2016). Chlorination concepts. Fact Sheet 2.17.
402 http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_17.pdf.
- 403 [39] McEvoy, J. M., Doherty, A. M., Sheridan, J. J., Thomson-Carter, F. M., Garvey, P.,
404 McGuire, L., Blair, I. S., McDowell, D. A. (2003). The prevalence and spread of *Escherichia coli*
405 O157:H7 at a commercial beef abattoir. J Appl Microbiol. **95**, 256-66.
- 406 [40] FDA – Food and Drug Administration (2014) Food CGMP Modernization — A Focus on
407 Food Safety. Page Last Updated: Sep. 25, 2014.
408 <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/CGMP/ucm207458.htm>.
- 409 [41] Marois-Fiset, J.-T., Carabin, A., Lavoie, A., Dorea, C.C. (2013). Effects of Temperature and
410 pH on Reduction of Bacteria in a Point-of-Use Drinking Water Treatment Product for Emergency
411 Relief. Appl Environ Microbiol., **79**, 2107-2109. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.03696-12>.
- 412 [42] CDW – Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water (2015). PH of Drinking
413 Water. Document for Public Comment, Health Canada. [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-
semt/alt_formats/pdf/consult/2015/ph/consult-eng.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-
414 semt/alt_formats/pdf/consult/2015/ph/consult-eng.pdf)
- 415 [43] Giordano, R., Costantini, S. (1993). Some aspects related to the presence of aluminium in
416 waters. Ann Ist Super Sanita., **29**, 305-311.
- 417 [44] WHO – World Health Organization (2003). Aluminium in Drinking-water. Background
418 document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 14p.
419 http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf.
- 420 [45] Sieliechi, J.-M., Kayem, G.J., Sandu, I. (2010). Effect of Water Treatment Residuals
421 (Aluminum and Iron Ions) on Human Health and Drinking Water Distribution Systems.
422 International Journal of Conservation Science, **1**, 175-182.

- 423 [46] Henning, J., Kasper, R., Sara, E. (2015). Evaluation of aluminum treatment efficiency on
424 water quality and internal phosphorus cycling in six Danish lakes. *Hydrobiologia*, **751**, 189-199.
- 425 [47] Kimura, M., Matsui, Y., Kondo, K., Ishikawa, T. B., Matsushita, T., Shirasaki, N. (2013).
426 Minimizing residual aluminum concentration in treated water by tailoring properties of
427 polyaluminum coagulants. *Water Res.* **47**, 2075-2084.
428 <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.01.037>
- 429 [48] Sánchez-Martín, J., Beltrán-Heredia, J., Solera-Hernández, J. (2010). Surface water and
430 wastewater treatment using a new tannin-based coagulant. Pilot plant trials. *Journal of*
431 *Environmental Management*, **91**, 2051-2058. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.013>.
- 432 [49] Skoronski, E., Niero, B., Fernandes, M., Alves, M.V., Trevisan, V. (2014). Estudo da
433 aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na
434 cidade de Tubarão, SC. *Rev. Ambient. Água*, **9**, 679-687. [http://dx.doi.org/10.4136/ambi-
435 agua.1303](http://dx.doi.org/10.4136/ambi-
435 agua.1303).
- 436 [50] Amaral, L.A., Rossi Jr., O.D., Nader Filho, A. (2000). Hygienic and sanitary quality of the
437 water supplies of foods industries that process products of animal origin. *Higiene Alimentar*, **14**,
438 73-76.
- 439 [51] Howard, G., Bartram, J., Schaub, S., Deere, D. and Waite, M. (2001) Regulation of
440 microbiological quality in the water cycle. In: Fewtrell, L. and Bartram, J., Ed., *Guidelines,*
441 *Standards and Health: Assessment of risk and risk management for water-related infectious*
442 *disease*, IWA Publishing, London, 377-393.
- 443 [52] Beefpoint (2015). IBGE mostra queda no abate de bovinos no primeiro trimestre de 2015.
444 <http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/giro-do-boi/>.
- 445 [53] Santos Filho, J., Talamini, D., Martins, F. (2013). Distribuição espacial da produção de
446 suínos no Brasil. *Central de Inteligência de Aves e Suínos*.
447 http://www.cnpsa.embrapa.br/cias/index.php?option=com_content&view=article&id=59.
- 448

1 **3.3 Artigo 3 – EVALUATION OF EFFECTIVENESS SURFACE HYGIENE**
2 **PROCEDURES MADE BY CATTLE SLAUGHTERHOUSES IN THE**
3 **STATE OF RIO GRANDE DO SUL, SOUTHERN BRAZIL**

4
5 **Mateus Silva de Lima^{ab}, Leonardo Werlang Isolan^a, Eduardo César Tondo^{b*}**

6
7 ^a Ministry of Agriculture, Livestock and Supply – MAPA, Av. Loureiro da Silva 515, Porto Alegre/RS Zip Code
8 90010-420, Brazil.

9
10 ^b Food Science and Technology Institute/ Postgraduate Program in Food Science and Technology – ICTA/UFRGS,
11 Av. Bento Gonçalves, 9500, prédio 43212, Campus do Vale, Porto Alegre/RS Zip Code 91501-970, Brazil.

12 *Corresponding author. E-mail address: tondo@ufrgs.br
13

14 **ABSTRACT**

15 Brazil is an important global beef exporter. Despite of having high sanitary control,
16 cross-contamination may occurs inside industries, concerning slaughterhouses and
17 regulatory bodies. The Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock, and Supply
18 (MAPA) requires beef industries to evaluate the hygiene of food-contact-surfaces
19 although there are no Brazilian official standards. This research aimed to investigate the
20 difficulties, incentives, methods and standards used by the Brazilian cattle
21 slaughterhouses to evaluate their surface hygiene. Semi-structured interviews were
22 conducted with professionals responsible for the quality of nine slaughterhouses and
23 with official inspectors. Results indicated differences concerning sampling points,
24 frequency of sampling, limits, and analytical methods adopted. Most procedures were
25 created by former employees or came from other slaughterhouses. Professionals
26 reported insecurity to adjust/change some procedures due to the lack of technical
27 knowledge. Since companies did not find pathogenic microorganisms in most of
28 analyses, the majority did not associate swabbing analyses with benefits for the quality
29 or safety of products. The standardization of surface methods could minimize these
30 problems in Brazilian slaughterhouses. The adopted methods should be chosen based on
31 risk-analysis studies, considering relevant microbial hazards for industries and foreign
32 customers.

33
34 **Keywords:** Contact-surface evaluation; Beef industry; Meat quality; Microbiological
35 standards; Official inspection; SSOP

36

37 1. Introduction

38 Brazil is among of the three major beef exporters of the world, with a volume of around
39 1.6 million tons (USDA, 2015). The Brazilian main markets are Egypt, Hong Kong,
40 Russia, Iran, Venezuela and China, which together represent more than 70% of the
41 volume exported by the country (ABIEC, 2015).

42 Despite of political issues, Brazilian fresh beef production has historically encountered
43 restrictions in more demanding markets (and higher value-added ones), such as Europe
44 and the United States (Deramond and Aguiar, 2012, Beefpoint, 2013). Furthermore, the
45 occurrence of Brazilian meat products contaminated with pathogens has already been
46 reported in Brazil (Grünspan *et al.*, 1996; Almeida *et al.*, 2010; Camargo *et al.*, 2015;
47 Barbosa *et al.*, 2015). Among the relevant pathogenic bacteria to the meat industry there
48 are: *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, verotoxigenic
49 *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, and
50 *Aeromonas hydrophila* (Lerma *et al.*, 2013; Gill, 1998; Giaouris, 2014; Bodhidatta,
51 2013). In this sense, the need to expand markets and ensure the competitiveness of
52 domestic meat products increase Brazil's responsibility with the safety of these food,
53 whether it concerns the internal or the external market (Chaves, 2006).

54 From the legal point of view, there is a hygiene and sanitary inspection system in all the
55 Brazilian primary processing establishments of animal products (Brasil, 1989) and two
56 factors are fundamental in order to obtain safe fresh meat: (i) the animal sanity (ii) and
57 the influence of the process from the origin until the obtaining of final product (Braga,
58 2008). Thus, in the case of healthy animals (given the assumption that raw materials
59 have been inspected and have legalized origin) and keeping the process parameters
60 inside established limits, contamination that occurs during meat processing – which
61 includes the slaughter and its subsequent steps – becomes critical to the food safety.

62 Accordingly, several cases of foodborne illnesses are related to cross-contamination,
63 resulting from inadequate cleaning practices of equipment and utensils (Caselani, 2010;
64 Hornstra *et al.*, 2007; Brasil, 2005a). Corroborating this affirmative, *Salmonella* has
65 been isolated from a wide range of equipment contact surfaces – even after being
66 cleaned – due to the ability of this pathogen to adhere to abiotic surfaces in the food
67 processing environment (Joseph *et al.*, 2001; Hood and Zottola, 1997; Yang *et al.*,
68 2016). Similarly, due to the high probability of infection with low doses, there is a
69 significant health risk for the transfer of *Escherichia coli* O157:H7 and other pathogens
70 to meat products from contact surfaces (Arthur *et al.*, 2008; Beauchamp *et al.*, 2012),
71 like mats (Rivera-Betancourt *et al.*, 2004) and meat slicers (Sheen and Hwang, 2010).
72 For example, *E. coli* O157 has been implicated in a serious outbreak associated to
73 surface contamination, hygiene deficiencies and handling meat in a supermarket
74 (Banatvala *et al.*, 1996). *Listeria monocytogenes*, a biofilm-forming environmental
75 bacterium with significant relevance as foodborne pathogen (Tauxe, 1997), was isolated
76 from cattle carcasses and contact surfaces in the meat industry (Rivera-Betancourt *et al.*,
77 2004; Brandão, 2011; Candia *et al.*, 2015).

78 The importance of this issue worldwide has led the European Community to regulate
79 the parameters of surface bacteriological sampling for controlling cleaning and
80 disinfection at slaughterhouses and boning facilities, including sampling sites and
81 microbiological standards (EC, 2001).

82 As far as Brazil is concerned, the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply
83 (MAPA) requires that meat processing plants have implemented self-control programs
84 in way to ensure their responsibility in the food safety. One of these programs is the
85 Sanitation Standard Operating Procedures Program (SSOP), which must describe all
86 cleaning and sanitizing procedures daily performed by the firm to prevent product

87 contamination with an emphasis on surfaces that come into contact with food. Also,
88 requirements include identifying responsible parties, monitoring, corrective actions,
89 preventive measures, and records (Brasil, 2003; Brasil, 2005a; Brasil, 2005b). It is
90 worth mentioning a procedure required by MAPA for nonconformities identification in
91 SSOP, which checks whether the establishment performs surfaces control or adopts
92 another procedure to assess whether its program is effective (BRASIL, 2005a). This
93 strategy allows taking corrective actions if unsatisfactory hygiene is detected on the
94 evaluated surface (Ogden, 1993; Silva, 2013).

95 The use of sanitizers is also directly related to the surfaces cleaning, with a wide range
96 of very effective products available such as chlorine derivatives, biguanide, peracetic
97 acid, peroxide, quaternary ammonium, *inter alia*. Although their use is regulated for the
98 Brazilian food industries (Brasil, 1997), changes in concentration, contact time and
99 organic matter, among others, may allow the survival of microorganisms (Molina,
100 2009), even after surfaces cleaning and disinfection (Peyrat *et al.*, 2008). The partial
101 removal of microorganisms and the incorrect and chronic use of chemical agents also
102 become factors for the increasing number of resistant microorganisms (Little *et al.*,
103 2008; Santos and Moura, 2011) and biofilm formation (Silagyi *et al.*, 2009). This point
104 corroborates the need to assess the hygiene quality in places of direct contact with the
105 meat products.

106 In practice, the most common technique for assessing the efficacy of cleaning-surface
107 procedure are the swabbing methods followed by microbial counts on agar and those
108 using ATP bioluminescence kits (Duarte *et al.*, 2011). This technology consists in the
109 quantification of Relative Light Units (RLU) by a luminometer. The equipment
110 immediately detects the presence or absence of organic material (from bacteria or

111 organic matter, live or dead) on surfaces and emit a RLU number, according to the
112 concentration of ATP generated from the organic material (3M, 2008; Silva, 2013).

113 However, in Brazil there are no official guidelines or limits to regulate the
114 contamination of surfaces that get into contact with food and there are no available
115 statistics and not even official monitoring results that can guide beef companies in the
116 prevention or correction of eventual contamination that may lead to diseases or food
117 spoilage. This fact may partly be explained by the lack of scientific data that can
118 systematize the evaluations of SSOP effectiveness in Brazilian industries. In addition, if
119 not minimally oriented, the procedures for sampling and analysis may deviate from their
120 focus, leading to incorrect estimations of microbiological risks associated with
121 contamination of surfaces that get into contact with food.

122 This being assumed, there are also no formal data about how companies, subject to the
123 federal regulation on their operational hygiene, are conducting their self-control
124 programs to get adapted to it. Thus, this study aims to identify how Brazilian cattle
125 slaughterhouses are evaluating the effectiveness of their hygiene procedures in relation
126 to the surfaces that came into contact with the food products. This study also intends to
127 list the difficulties, incentives, peculiarities and the microbiological standards on which
128 these assessments are based.

129

130 2. **Materials and Methods**

131 Semi-structured interviews were conducted using a previously elaborated script in
132 which the references cited in this paper and the authors' expertise was its conceptual
133 basis (FIGURE 1). The script was evaluated by consulting MAPA technicians and field
134 professionals (consultants, veterinarians, etc.) and was tested before use in a medium-

135 sized beef establishment under SIF². The purpose of this previous use was to test the
 136 suitability of the content and language so that the questions could express the intended
 137 goals, as directed by Manzini (2003).

138 Figure 1 – Semi-structured script used to evaluate hygiene surface procedures carried
 139 out in Brazilian beef slaughterhouses.

COMPANY'S CHARACTERISTICS

i) SIF number _____

ii) Which species are slaughtered in the abattoir? (daily average quantity)
 () Bovine () Swine () Ovine () Buffaloes

iii) Operating market
 Local General List Other _____

SURFACE MICROBIOLOGICAL ANALYSIS BY SWABBING

iv) Does the company conduct surface analysis by swabbing?
 Yes No

v) If so, which are the microorganisms and their respective standards used?

Microorganism	Standard (UFC/cm ²)

vi) Which are the sites (surfaces) analyzed by swabbing? (multiple choice)
 Evisceration table;
 Boning table;
 Conduits;
 Cooling chambers;
 Other (Specify: _____)

vii) With what frequency are the analyses conducted?
 Weekly
 Fortnightly
 Monthly
 Biannual
 Other (Specify: _____)

140
 141
 142

Continue...

² Establishments that are under official supervision by MAPA have the SIF (Federal Inspection Service) register.

143 Continuation...

viii) Do the company's products undergo a microbiological analysis in the products?

Yes No

ix) If so, are the microorganisms the same ones found after surface swabbing?

Yes, they are the same;

No, they are other microorganisms (Specify: _____)

x) Did the swabbing results lead to any changes in the company? (Multiple choice).

There were changes in the production process;

There were changes in the surface hygiene method;

The sanitizer used was replaced;

Other (Specify: _____)

xi) Were there any benefits after the implementation of surface analyses by swabbing in the company?

No. The results were obtained but the company still doesn't know how to deal with them (or there was no time);

The raw material quality improved.
(Which are the indicators proving it? _____);

The counts are always below the standard, so nothing was changed;

Other (Specify: _____)

xii) From which sources was the definition of each one of the following variables taken? (multiple choice):

	Specialized body	University	Consultant	Scientific bibliography	Legislation (Which country?)	Other
Chosen microorganism						
Count standards						
Collection site						
Collection method						
Collection frequency						

xiii) Which sanitizer is (was) used on food contact surfaces? _____

Additional notes made by interviewer:

144
145

146 The interviews were conducted from December 2013 to July 2015, through personal
147 contact and/or telephone contact with the responsible for quality control of the
148 establishments (QC). Furthermore, secondary data were obtained with other
149 stakeholders in the chain, as Official Veterinary Inspectors from the meat division of

150 MAPA and also via specialized websites. MAPA institutional support also included
151 advice on the project design and provision of the companies' contact details.

152 Invitations to participate of this study were sent to all the cattle slaughterhouses under
153 SIF in the State of RS – Southern Brazil (which numerically have 13 companies). The
154 establishments were informed about the research objectives and were assured of
155 anonymity (letters were used to label them). However, due to restrictions imposed by
156 the direction of some companies or their QC, the array of firms being actually
157 interviewed was nine, which corresponds of about 70% of the total number of meat
158 companies under SIF in RS.

159

160 3. Results and Discussion

161 Despite this research was primarily a qualitative study, the good representation of
162 participating companies allowed us to study some topics quantitatively, providing
163 results able to aggregate analyses that go beyond the targets previously planned.

164 The companies interviewed constituted a heterogeneous group³ with different-sized
165 business markets. It is possible to observe these characteristics on Table 1, and to
166 identify, as a trend, the fact that larger companies have exporter profiles, especially with
167 qualification for the EU (companies considered by the chain actors as quality
168 management models).

169

170

³ The abattoirs that slaughter up to 160 animals per day are considered small; medium-sized ones can slaughter up to 320 while the large abattoirs have the slaughter capacity around 600 head or more (Brasil, 2006).

171 Table 1 – Characteristics of Brazilian slaughter establishments interviewed about hygiene and sanitary
172 procedures.

Slaughterhouse	Slaughtered species	Average slaughtered animals/day	Operating market
A	Bovine	620	EU
B	Bovine and ovine	200 and 450	BRAZIL
C	Bovine	300	BRAZIL
D	Bovine and ovine	100 and 10	BRAZIL
E	Bovine	65	BRAZIL
F	Bovine and swine	120 and 100	BRAZIL
G	Bovine and swine	150 and 350	Another countries ⁴
H	Bovine	600	EU
I	Bovine	650	EU

173 EU: European Union; Brazil: Sales directed only to Brazil.

174 On Table 2 is possible to observe the multiplicity of microbiological standards and the
175 sanitizers used by the companies on the food contact surfaces after the daily operations.

176 Table 2 – Benchmarks used in Brazilian cattle slaughterhouses, for the microbiological analysis of food
177 contact surfaces, including the sanitizer used on these surfaces. Data are expressed as cfu/cm².

Company	Sanitizer*	Microorganisms**									
		FC	TC	ThC	Sal	Sta	Lis	Clo	Ent	TVC	Mes
A	PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
B	QA	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-
C	QA	-	-	-	-	-	-	-	1	10	-
D	BI	-	-	100	-	-	-	-	-	500	-
E	BI	-	-	-	-	-	-	-	-	Seeking standard in RLU***	-
F	QA+PA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 to 2,500
G	BI	2.5	2.5	-	2.5	-	2.5	2.5	-	-	-
H	PA+BI	-	-	-	-	-	-	-	1	-	10
I	QA+PA	-	-	-	-	-	-	-	1	10	-

178 * Sanitizer used: PA = Peracetic Acid; QA = Quaternary Ammonium; BI = Biguanide.

179
180 **FC: fecal coliform; TC: total coliform; ThC: Thermotolerant coliform; Sal: *Salmonella*; Sta:
181 *Staphylococcus*; Lis: *Listeria*; Clo: *Clostridium*; Ent: *Enterobacteriaceae*; TVC: Total viable count; Mes:
182 Mesophilic.

183
184 *** RLU = Relative Light Units (see explanation in Introduction).
185

186 All the nine companies used surface swabbing as formal method to verify the
187 effectiveness of self-control programs. Interestingly, 70% of the professionals

⁴ Exporting to countries that make part of the "Another Countries" is usually characterized by lower demands (just accepting SIF's rules) and the dependence on lower prices (Pedroso, 2009; Dias, 2003). Countries that belong to this list are, for example, Albania, Angola, Cape Verde, Caribbean, Qatar, Congo, United Arab Emirates, Gabon, Gambia, Ghana, Georgia, Haiti, Hong Kong, Iran and Iraq.

188 responsible for quality control (QCs) of companies did not know the origin of the
189 methods or parameters used in their surface controls and also those used in the Hazard
190 Analysis and Critical Control Points (HACCP) programs. According to them, this
191 information was defined by employees who are no longer in companies' payroll or by
192 external consulting professionals. This fact restricts internal improvements based on
193 microbiological criteria, because it is not clear the origin of limits used by some
194 companies. In such terms, this lack of references also can reduce the companies'
195 reactions to deviations on food quality or safety.

196 Another interesting information is that 70% of the companies did not find pathogenic
197 microorganisms in the majority of their analyses. This result also may be explained by
198 the deficient known about the definition of this quality control. Even considering the
199 QCs who composed the staff involved with the drawing-up of the programs, most of
200 them admitted to have applied parameters already used in companies where they had
201 worked before. This lack of specificity may lead to difficulties for developing an
202 adequate and specific program of surface hygiene monitoring. Without technical
203 knowledge applied to specific companies considering relevant target microorganisms,
204 sampling places and appropriate analytical methods may be not possible to evaluate
205 properly the specific microbiological risks of each company.

206 Doubts about the validity of the collected information were raised by the QCs
207 themselves, although they pointed out that they would not know where to look for new
208 parameters. Table 2 shows the variety of standards established and adopted by the
209 companies and the sanitizers they used on the contact surfaces after the daily operations,
210 following the procedures described on the SSOP of companies.

211 There is no unanimity or general trends on the choice of target microorganisms to be
212 evaluated on surfaces of companies, nor even in the choice of sanitizer. Therefore, the

213 sources for such patterns were very different. Literature itself points out, often in
214 contradictory ways, a range of possible microorganisms found in food contact surfaces.
215 For example, according to the study of Schlegelová *et al.* (2010), contamination of
216 surfaces that come into contact with food in cattle slaughterhouses was relatively high
217 even after sanitation, highlighting the presence of *L. monocytogenes*, *Enterococcus*
218 (*faecalis* and *faecium*) and multi-resistant *E. coli* at boning and evisceration tables.
219 Little *et al.* (2008) found significant presence of *Campylobacter* and *Salmonella* on
220 beef, through cross-contamination, although other studies have found no signs of
221 *Salmonella sp.* on cattle slaughterhouses surfaces (André *et al.*, 1999; Caselani, 2010).
222 The information given by some studied companies also confirms these results, when
223 they no longer searched for *Salmonella* and *Listeria* because analyses were expensive
224 and they never found any positive result.

225 This uncertainty of adequate methods and parameters demands the establishment of
226 reference standards for surfaces contamination based on scientific information
227 considering the national context. It also seems reasonable to consider that several
228 factors may contribute to the prevalence of microorganisms in a processing plant of
229 animal products. Thus, it is very important the slaughterhouses identify they own
230 peculiarities, such as cattle origin and handling, processing, sanitizers used, among
231 others, which are able to affect the microbiological safety of products. Another
232 appropriate practice is the identification and quantification of microbiota on the contact
233 surfaces in order to control the production processes and also the hygiene and cleaning
234 procedures against the microorganisms that are indeed present in these areas.

235 A situation occurred with the “D” company may illustrate this problem: the local QC
236 reported that no "official" specific standards were found. When the analysis laboratory
237 was inquired about this, it suggested that the company itself could establish its standards

238 from 12 periodic sampling collections in the areas of interest. They would start
239 analysing Microbial Total Counts and Thermotolerant coliforms at 45°C and after these
240 analyses, it would be possible to establish a reference mean. Furthermore, gradually,
241 new microorganisms could be added to this company standard if QC considered it
242 necessary. However, no references were mentioned for these procedures.

243 Another peculiarity found was that two companies based their surface standards on
244 measures of ATP-luminescence. The procedure was authorized by the MAPA, but there
245 are no national or international standards for the results of Relative Light Units (RLU).
246 Thus, since doubts were raised about its baseline, one of the companies used the
247 standard set by the equipment supplier and the other was still looking for an adequate
248 standard.

249 From facts like these a practical conflict arises: there are no official Brazilian standards
250 to guide microbiological surfaces testing. Therefore, setting limits obtained *in loco* may
251 be more appropriate than using external or dubious standards. Despite that, the setting
252 of national standards for the swabbing test can serve as a bottom line to all the Brazilian
253 companies, and this method can be determined based on formal risk analysis studies,
254 considering relevant microbial surface hazards. Considering the range of situations
255 within each company (processes, products, sanitizers, etc.), these procedures could be
256 complemented by internal evaluation, becoming more restrictive/specific, according to
257 the improvement of their controls or demands by consumer markets.

258 As observed in Table 2, the use of Biguanide, Peracetic Acid and Quaternary
259 Ammonium was equally distributed among the companies. However, over 70% of the
260 respondents stated that they regularly changed the sanitizer or intended to do it in order
261 to avoid microbial resistance. By the way, although resistance and biofilm formation
262 issues are relevant to the considerable majority of respondents, only 20% of them

263 believed to know how to detect this potential problem. One suggestion would be to
264 establish, in the company's self-control program, the rotation of sanitizers and to
265 include, among pathogens to be investigated in the surface analyses, those with
266 recognized resistance to the employed product.

267 It is no coincidence, therefore, that the choice of the disinfectant, its usage and the
268 monitoring forms of hygiene procedures are considered critical issues to the MAPA,
269 which requires the detailed description in the company's SSOP (Brasil, 1997). In fact,
270 different microorganisms have different resistance profiles to certain sanitizers (Santos
271 and Moura, 2011) and hence the exposure time, the water temperature, the used
272 concentrations, the pH, the microorganism type and its initial count, the microbial
273 surface adhesion and the water hardness must be taken into consideration (Ray and
274 Bhunia, 2014; Kraszczuk, 2010). However, the respondents reported some difficulties in
275 following the procedures described in the companies' program. The main pointed
276 reasons were the employees' turnover and the need for constant retraining to keep the
277 quality control team and the employees motivated and updated.

278 Less than 30% of the respondents stated that results found in surface analyses conducted
279 to some changes in behavior within the company, in particular regarding hygiene. It is
280 not by chance that they were responsible for the only companies in which deviations
281 from the prescribed standards were found, revealing how important this control can be
282 to assess pre-operational and operational hygiene. Similar attitudes displayed by
283 companies' QCs were reported by Gibson *et al.* (1999) and Silagyi *et al.* (2009), who
284 pointed out that the improvement of hygiene techniques is the key procedure to reduce
285 the risk of bacterial biofilms formation.

286 An issue directly related to the above-mentioned situation was that almost 60% of
287 companies did not associate the current surface swabbing implementation with benefits

288 referred to product quality, although they have stated that this perception may be related
289 to failures in conducting the program, mainly associated with the choice of reference
290 standards. Chaves (2006) showed that, in the medium term, the laboratory tests for
291 pathogens in equipment and products tend to improve production efficiency, reduce the
292 labor cost and increase productivity and reliability.

293 A documental checking of the surface analysis results from the firms (made by a new
294 quality control team or by the SIF), would indicate that the vast majority of them would
295 not have any problems of microbiological contamination on surfaces that come into
296 contact with food. However, a more careful assessment of the procedures adopted and
297 also the QCs' own impressions seem to indicate that the results were underestimated
298 regarding the real microbiological risk to which products were exposed. Various studies
299 have demonstrated that the Brazilian agribusiness needs to improve its quality systems
300 and the repeated occurrence of food outbreaks (all of them being understated) points to
301 this lack of monitoring (Bergamini *et al.*, 2007; Kottwitz *et al.*, 2010; Figueiredo and
302 Miranda, 2011). Furthermore, it can not be forgotten that several researches carried out
303 at the national level indicate contamination on carcasses and surfaces of industries,
304 including those with SIF (Silveira, 2010; Mariot, 2010; Casagrande *et al.*, 2013).

305 As far as the setting of variables to conduct the swabbing was concerned, it was
306 achieved in less than 30% of companies, using the European Community (EC, 2001) as
307 international reference. Other references used were specific bibliographies or
308 manuscripts found on the internet. No company found information that could be
309 considered safe to define collection sites, so it was established according to personal
310 criteria of each QC. The boning table was the only common sampling area to all
311 establishments; other highlighted sites were the evisceration table, saws and mats.

312 The sampling site determination can be very important in order to identify product
313 contamination sources. Often, collections are restricted to large contact areas, like
314 tables, but no attention is given to smaller surfaces, such as utensils and other
315 equipment, which may be more contaminated than the stainless steel tables (André *et*
316 *al.*, 1999). This fact may be based on the easiness of sanitizing surfaces with a good
317 hygienic design – like tables – versus difficult access areas, which may contain other
318 irregular materials such as conduits, saws and other equipment (Mariot, 2010; Ribeiro
319 and Siqueira, 2008; Tarwate *et al.*, 1993). Nevertheless, André *et al.* (1999) isolated
320 total coliforms from tables and trays (respectively 78.6% and 80%) of 26 contact
321 surfaces samples of slaughterhouses with SIF, indicating that these sites should be kept
322 under surveillance. Marra (2009) also confirmed the presence of 80%, 40% and 100%
323 of mesophilic microorganisms respectively on tables, knives and blade sharpeners
324 according to an analysis of 174 samples in the boning room of an abattoir in the city of
325 Goiânia/Brazil.

326 Considering that not all surfaces have the same microbiological hazards, the “F”
327 company was the only one that established different standards for different surfaces, so
328 that the boning table had the limit of 3.0×10^1 CFU/cm², floors/walls/environment up to
329 1.0×10^2 , equipment and utensils up to 1.0×10^3 and the employees hands up to a
330 maximum of 2.5×10^3 CFU/cm².

331 The swab tests frequency in the establishments showed the following distribution: 30%
332 made them weekly, 30% each two weeks, and 40% monthly, indicating, once again, the
333 lack of standardization of companies’ sampling procedures.

334 In Brazil, the MAPA has a schedule to conduct mandatory microbiological product
335 analyses (Brasil, 2013a; Brasil, 2013b). About 40% of companies voluntarily performed
336 additional microbiological product analyses, while another almost 30% intended to

337 implement this practice in the medium term in order to complement the measurement of
338 self-control programs and the HACCP. Microbiological standards for products were
339 different from those for surfaces in 60% of the companies, with the former often
340 presenting a greater variety of bacteria species.

341 The companies under study had different target markets, i.e. domestic market (Brazil),
342 EU (most demanding countries) or other countries. Despite this difference, the teams'
343 professionalization degree and the assessed parameters were similar in all companies.
344 Considering that each importer market may have its own quality requirements⁵ and, on
345 the other hand, the producer country may have its own legislation, the exporter
346 companies have the additional responsibility to fulfill both requirements, without
347 leaving aside its potential microbiological hazards. It is therefore demanded a more
348 conclusive identification of the microorganisms' range that might compromise the
349 sanitary quality of meat products in order to ensure better safety for domestic consumers
350 and greater access to foreign markets.

351 Several studies have demonstrated that Brazilian animal products have similar
352 microbiological quality of other producer countries (Talamini *et al.*, 2005; França Filho
353 *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 2013; Oliveira and Campos, 2015; Tondo *et al.*, 2015).
354 However, in order to assess a more accurate food safety status, Microbial Risk Analysis
355 (MRA) should be done considering the entire meat production chain, including food
356 contact surface analyses and all significant contamination sources of meat, from farm to
357 consumption. The risk based information from MRA would be very useful and could
358 guide the self-control programs of industries and also the Official Inspection methods to
359 control the most important microbial hazards identified (Gerwen *et al.*, 2000; FAO,

⁵ For instance, the 2001/471/EC Decision of the European Communities Commission requires bacteriological sampling to control and disinfect contact surfaces in slaughterhouses whose standards are: Total viable count (0-10/cm²) and *Enterobacteriaceae* (0-1/cm²) (EC, 2001).

360 2005; OPAS, 2008). This kind of evaluation is very difficult to perform and is always
361 expensive and time consuming, but would be of great value, especially because recently
362 Brazil has published a new regulation (Brasil, 2015) that dismiss the permanent present
363 of inspectors of SIF inside industrial plants that does not have slaughter (like canning
364 factories). This new situation increases the necessity and importance of self-control
365 programs of meat industries, because inspectors will not be inside industries carrying
366 out regular inspections, demanding for the authorities new ways to evaluate the safety of
367 meat processes.

368 Finally, a food quality and safety control based on the situation of Brazilian meat
369 companies could represent a reference to confront some of the international sanitary
370 barriers signaling to the market the presence of an efficient hygienic-sanitary control by
371 Brazilian industry and supervisory bodies.

372

373 4. **Conclusion**

374 Based on the results of this research, it was possible to conclude that the evaluation of
375 meat contact surfaces of cattle slaughterhouses in Brazil has some difficulties. One of
376 them is the absence of Brazilian standards that establish sampling points, methods for
377 analyses, microorganisms that must be analyzed, and microbial or RLU limits.
378 Additionally, the frequent workforce replacement in this sector has undermined the
379 control procedures continuity and the resulting records interpretation.

380 In this context, it seems to be very important the development of Brazilian standards for
381 surfaces hygiene evaluation. The setting of these standards should be done using risk-
382 based studies, taking into consideration the relevant hazards for Brazilian and foreign

383 customers. A good tool also should consider the use of the already existing database of
384 MAPA, composed by official analysis results of food, surfaces and quality of water.

385 Considering that each company has specific characteristics and may have specific
386 hazards, the national standards can be complemented by other surface evaluation
387 methods, determined by internal risk-based studies and by particular customer
388 requirements.

389 Finally, it is important to reiterate that a well-founded assessment of sanitizing
390 procedures, for surfaces that come into contact with food, offers increasing
391 competitiveness for companies operating in the meat market, since it increase quality
392 and safety of meat products. The harmony between accomplishing the local legislation
393 and developing corporate quality systems is the key to ensure greater sustainability and
394 professionalism to the entire production chain.

395

396

References

- 397 3M Microbiology – Technical Bulletin, 2008. An Overview of Rapid Hygiene Testing
398 Using ATP Bioluminescence. Number: TB.083.00. Available online:
399 <<http://multimedia.3m.com/>>. Assessed: April 06, 2015.
- 400 ABIEC – Brazilian Beef Exporters Association. Brazilian Beef Exports: fresh beef,
401 2015. Available online: <<http://www.abiec.com.br/download/jan-out2015.pdf>>.
402 Assessed: January 07, 2016.
- 403 Almeida, A.C., Souza, R.M., Pinho, L., Sobrinho, E.M., Silva, B.C.M., 2010.
404 Determinação de perigos microbiológicos em carnes bovinas resfriadas provenientes de
405 abates clandestinos e comércio ilegal. Acta Veterinaria Brasilica 4, 278-285.
- 406 André, M.C.D.P.B., Serafini, A.B., Vieira, J.D.G., Correa, M.H.S., Campos, M.R.H.,
407 1999. Avaliação microbiológica de equipamentos que entram em contato com a carne
408 bovina durante o abate, em matadouros-frigoríficos de Goiânia, GO. Revista de
409 Patologia Tropical 28, 202-210.
- 410 Arthur, T.M., Bosilevac, J.M., Brichta-Harhay, D.M., Kalchayanand, N., King, D.A.,
411 Shackelford, S.D., Wheeler, T.L., and Koochmaraie, M., 2008. Source tracking of
412 *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* contamination in the lairage environment at
413 commercial U.S. beef processing plants and identification of an effective intervention.
414 Journal of Food Protection 71, 1752-1760.
- 415 Banatvala, N., Magnano, A.R., Cartter, M.L., Barrett, T.J., Bibb, W.F., Vasile, L.L.,
416 Mshar, P., Lambert-Fair, M.A., Green, J.H., Bean, N.H., Tauxe, R.V., 1996. Meat
417 grinders and molecular epidemiology: two supermarket outbreaks of *Escherichia coli*
418 O157:H7 infection. The Journal of Infectious Diseases 173, 480-483.
- 419 Barbosa, A.V., Cerqueira, A.M.F., Rusak, L.A., Reis, C.M.F., Leal, N.C., Hofer, E.,
420 Vallim, D.C., 2015. Characterization of epidemic clones of *Listeria monocytogenes*
421 serotype 4b isolated from humans and meat products in Brazil. The Journal of Infection
422 in Developing Countries 9, 962-969. . <http://dx.doi.org/10.3855/jidc.5639>.
- 423 Beauchamp, C.S., Dourou, D., Geornaras, I., Yoon, Y., Scanga, J.A., Belk, K.E., Smith,
424 G.C., Nychas, G.J.E., Sofos, J.N., 2012. Transfer, Attachment, and Formation of
425 Biofilms by *Escherichia coli* O157:H7 on Meat-Contact Surface Materials. Journal of
426 Food Science 77, M343-M347. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02695.x>.
- 427 Beefpoint, 2013. Leia nota oficial da ABIEC sobre contaminação de carne bovina
428 brasileira exportada à Europa. April 29, 2013. Available online:
429 <[http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/leia-nota-oficial-da-abiec-sobre-](http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/leia-nota-oficial-da-abiec-sobre-contaminacao-de-carne-bovina-brasileira-exportada-a-europa/)
430 [contaminacao-de-carne-bovina-brasileira-exportada-a-europa/](http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/leia-nota-oficial-da-abiec-sobre-contaminacao-de-carne-bovina-brasileira-exportada-a-europa/)>. Assessed: March 14,
431 2015.
- 432 Bergamini, A.M.M, Simões, M., Irino, K., Gomes, T.A.T., Guth, B.E.C., 2007.
433 Prevalence and characteristics of *Shiga* toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) strains
434 in ground beef in São Paulo, Brazil. Brazilian Journal of Microbiology 38, 553-556.
- 435 Bodhidatta, L., Srijan, A., Serichantalergs, O., Bangtrakulnonth, A., Wongstitwilairung,
436 B., McDaniell, P., Mason, C.J., 2013. Bacterial pathogens isolated from raw meat and

- 437 poultry compared with pathogens isolated from children in the same area of rural
438 Thailand. The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health 44, 259-
439 272.
- 440 Braga, P.F.S., Almeida, L.P., Borges, T.D., 2008. Avaliação microbiológica de carcaças
441 bovinas com vistas à determinação de pontos críticos. Seminário de Iniciação Científica,
442 12. Proceedings... UFU, Uberlândia.
- 443 Brandão, J.L., 2011. Monitoramento microbiológico em uma linha de abate de bovinos
444 mediante o emprego de micro-organismos indicadores de higiene e pesquisa de
445 patógenos de importância em saúde pública. Dissertation. Universidade Federal do
446 Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.
- 447 Brasil. Casa Civil, 1989. Lei Nº 7.889. Dispõe sobre inspeção sanitária e industrial dos
448 produtos de origem animal, e dá outras providências. Brasília, November 23.
- 449 Brasil. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – MA, 1997. Circular Nº
450 272/97/DIPOA. Implantação do Programa de Procedimentos Padrão de Higiene
451 Operacional (PPHO) e do Sistema de Análise de Risco e Controle de Pontos Críticos
452 (ARCPC) em estabelecimentos envolvidos com o comércio internacional de carnes e
453 produtos cárneos, leite e produtos lácteos e mel e produtos apícolas. Brasília, December
454 22.
- 455 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2003. Circular
456 Nº 369/2003/DCI/DIPOA. Instruções para elaboração e implantação dos sistemas
457 PPHO e APPCC nos estabelecimentos habilitados à exportação de carnes. Brasília, June
458 02.
- 459 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2005a. Circular
460 Nº 175/2005/CGPE/DIPOA. Procedimentos de Verificação dos Programas de
461 Autocontrole. Brasília, May 16.
- 462 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2005b. Circular
463 Nº 176/2005/CGPE/DIPOA. Modificação das Instruções para a verificação do
464 PPHO(...). Brasília, May 16.
- 465 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2013a. Norma
466 Interna DIPOA/SDA nº 1. Aprova os procedimentos operacionais complementares à
467 Instrução Normativa nº 09, de 8 de abril de 2009, definindo os procedimentos para a
468 coleta oficial de amostras para o controle de *Listeria monocytogenes*. Brasília, August
469 09.
- 470 Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2013b. Norma
471 Interna DIPOA/SDA nº 2. Aprovar os procedimentos para a coleta e análise de
472 *Escherichia coli* verotoxigênica em carne de bovino in natura... Brasília, August 20.
- 473 Brasil. Presidência da República – Casa Civil, 2015. Decreto nº 8.444. Altera o
474 Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal,
475 aprovado pelo Decreto no 30.691, de 29 de março de 1952. Brasília, May 6. Available
476 online: [http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-
477 2018/2015/Decreto/D8444.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8444.htm)>. Assessed: August 04, 2015.

- 478 Camargo, A.C., Castilho, N.P., Silva, D.A., Vallim, D.C., Hofer, E., Nero, L.A., 2015.
479 Antibiotic resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from meat-processing
480 environments, beef products, and clinical cases in Brazil. *Microbial Drug Resistance* 21,
481 458-462.
- 482 Candia, S., Morea, M., Baruzzi, F., 2015. Eradication of high viable loads of *Listeria*
483 *monocytogenes* contaminating food-contact surfaces. *Frontiers in Microbiology* 6,
484 Article 733. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2015.00733>.
- 485 Casagrande, L., Detanico, C.M.T., Franco, R.M., 2013. Ocorrência de *Escherichia coli*
486 em meias carcaças de bovinos abatidos em estabelecimento habilitado para exportação.
487 *Ciência Rural* 43, 1025-1030.
- 488 Caselani, K., 2010. Avaliação dos controles microbiológicos e do programa de redução
489 de patógenos no abate de bovinos. Dissertation. Universidade Estadual Paulista “Júlio
490 de Mesquita Filho”, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária.
- 491 Chaves, J.B.P., 2006. Contaminação de alimentos: o melhor é preveni-la. Artigo –
492 Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, January
493 23. Available online: <<http://www.dta.ufv.br/artigos/contal.htm>>. Assessed: March 25,
494 2014.
- 495 Deramont, G.G.J.E.P., Aguiar, J.F., 2012. A influência de barreiras não tarifárias na
496 exportação de carne bovina pelos frigoríficos brasileiros. *Proceedings... Simpósio de*
497 *Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*, 15. São Paulo/Brazil.
- 498 Dias, A.R., 2003. Barreiras não-tarifárias às exportações de carne bovina do Rio Grande
499 do Sul sob a ótica do Sistema Integrado Agronegocial (SIAN). Dissertation.
500 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em
501 Agronegócios. Available online: <<http://hdl.handle.net/10183/5280>>. Assessed:
502 December 05, 2014.
- 503 Duarte, F.L., López, A., Alemão, M.F., Santos, R., Canas, S., 2011. Commercial
504 Sanitizers Efficacy – A Winery Trial. *Ciência e Técnica Vitivinícola* 26, 45-52.
- 505 EC – European Commission. Decision 2001/471/EC., 2001. Annex 2: Bacteriological
506 sampling for checks of cleaning and disinfection in slaughterhouses and cutting plants.
507 Available online: <<http://eur-lex.europa.eu/>>. Assessed: July 28, 2015.
- 508 FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health
509 Organization, 2005. *Food Safety Risk Analysis – Part 1 – An Overview and Framework*
510 *Manual*, 86p. Available online:
511 <https://www.fsc.go.jp/sonota/foodsafety_riskanalysis.pdf>. Assessed: January 12,
512 2016.
- 513 Ferronato, A.I., 2010. Contaminação de carcaças e ambiente por *Listeria sp.* em
514 diferentes etapas do abate de suínos. Dissertation, Universidade Federal do Rio Grande
515 do Sul, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente.
516 Available online: <<http://hdl.handle.net/10183/27030>>. Assessed: July 28, 2015.
- 517 Figueiredo, A.V.A., Miranda, M.S., 2011. Análise de Risco aplicada aos alimentos no
518 Brasil: perspectivas e desafios. *Ciência & Saúde Coletiva* 16, 2251-2262.

- 519 França Filho, A.T., Mesquita, A.J., Oliveira, J.P., Bueno, C.P., Lopes, J.H., Couto,
520 M.V., Borges, N.M.F., 2006. Bacteriological quality of bovine half-carcasses obtained
521 from slaughterhouses located in Goiás state, Brazil, qualified for export. *Ciência Animal*
522 Brasileira 7, 315-325.
- 523 Gerwen, S.J.C., Giffel, M.C., Riet, K., Beumer, R.R., Zwietering, M.H., 2000. Stepwise
524 quantitative risk assessment as a tool for characterization of microbiological food safety.
525 *Journal of Applied Microbiology* 88, 938-951.
- 526 Giaouris, E., Heir, E., Hébraud, M., Chorianopoulos, N., Langsrud, S., Møretrø, T.,
527 Habimana, O., Desvaux, M., Renier, S., Nychas, G.J., 2014. Attachment and biofilm
528 formation by foodborne bacteria in meat processing environments: Causes,
529 implications, role of bacterial interactions and control by alternative novel methods.
530 *Meat Science* 97, 298-309. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.023>.
- 531 Gibson, H., Taylor, J.H., Hall, K.E., Holah, T.J., 1999. Effectiveness of cleaning
532 techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms.
533 *Journal of Applied Microbiology* 87, 41-48.
- 534 Gill, C.O., 1998. Microbiological contamination of meat during slaughter and
535 butchering of cattle, sheep and pigs. In: Davies, A., and Board, R. (Eds.), *The*
536 *microbiology of meat and poultry*. Blackie Academic & Professional, London, pp. 118-
537 157.
- 538 Grünspan, E.D., Ulon, S.N., Santos, A.F., Herrmann, G.P., Shirmer, V.R., 1996.
539 Contaminação microbiana em carne moída de açougues da cidade de Santa Maria, RS,
540 Brasil. *Ciência Rural* 26, 263-267. [http://dx.doi.org/10.1590/S0103-
541 84781996000200016](http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84781996000200016).
- 542 Hood, S.K., Zottola, E.A., 1997. Adherence to stainless steel by foodborne
543 microorganisms during growth in model food systems. *International Journal of Food*
544 *Microbiology* 37, 145-153.
- 545 Hornstra, L.M., de Leeuw, P.L.A., Moezelaar, R., Wolbert, E.J., de Vries, Y.P., de Vos,
546 W.M., Abee, T., 2007. Germination of *Bacillus cereus* spores adhered to stainless steel.
547 *International Journal of Food Microbiology* 116, 367-371.
548 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.02.012>.
- 549 Joseph, B., Otta, S.K., Karunasagar, I., 2001. Biofilm formation by *Salmonella* spp. on
550 food contact surfaces and their sensitivity to sanitizers. *International Journal of Food*
551 *Microbiology* 64, 367-372.
- 552 Kottwitz, L.B.M., Oliveira, T.C.R.M., Alcocer, I., Farah, S.M.S.S., Abrahão, W.S.M.,
553 Rodrigues, D.P., 2010. Epidemiological data of salmonellosis outbreaks occurred
554 between 1999 and 2008 in Parana State, Brazil. *Acta Scientiarum. Health Sciences* 32,
555 9-15. <http://dx.doi.org/10.4025/actascihealthsci.v32i1.6340>.
- 556 Kraszczuk, V., 2010. Verificação do processo de higienização pré-operacional de um
557 abatedouro de aves. Monograph, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
558 de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Curso de Engenharia de Alimentos. Available
559 online: <<http://hdl.handle.net/10183/28404>>. Assessed: March 24, 2014.

- 560 Lerma, L.L., 2013. Prevalence of bacteria resistant to antibiotics and/or biocides on
561 meat processing plant surfaces throughout meat chain production. *International Journal*
562 *of Food Microbiology* 161, 97-106.
563 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.11.028>.
- 564 Little, C.L., Richardson, J.F., Owen, R.J., Pinna, E., Threlfall, E.J., 2008.
565 *Campylobacter* and *Salmonella* in raw red meats in the United Kingdom: Prevalence,
566 characterization and antimicrobial resistance pattern, 2003–2005. *Food Microbiology*
567 25, 538-543. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2008.01.001>.
- 568 Manzini, E.J., 2003. Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-
569 estruturada. In: Marquezine, M.C., Almeida, M.A., Omote, S. (Eds.), *Colóquios sobre*
570 *pesquisa em Educação Especial*. Eduel, Londrina, pp. 11-25.
- 571 Mariot, R.F., 2010. Avaliação do design higiênico de equipamentos que contribuem
572 para a contaminação de carcaças na 1º etapa de abate de suínos. Dissertation,
573 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em
574 Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Available online:
575 <<http://hdl.handle.net/10183/26838>>. Assessed: March 25, 2014.
- 576 Marra, K.N., 2009. Dinâmica da carga microbiana da sala de desossa em um matadouro
577 - frigorífico de Goiânia, durante a jornada de trabalho. Dissertation, Universidade
578 Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Available online:
579 <ppgca.evz.ufg.br/uploads/67/original_Dissertacao2009_Kelly_Marra.pdf>. Assessed:
580 March 27, 2014.
- 581 Molina, P.D.S., 2009. Eficácia de desinfetantes frente bactérias sobreviventes a
582 higienização de equipamentos de matadouro-frigorífico de bovinos. Dissertation,
583 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciências
584 Veterinárias. Available online: <<http://hdl.handle.net/10183/16140>>. Assessed:
585 December 11, 2014.
- 586 Ogden, K., 1993. Practical experiences of hygiene control using ATP-bioluminescence.
587 *Journal of the Institute of Brewing* 99, 389-393. [http://dx.doi.org/10.1002/j.2050-](http://dx.doi.org/10.1002/j.2050-0416.1993.tb01178.x)
588 [0416.1993.tb01178.x](http://dx.doi.org/10.1002/j.2050-0416.1993.tb01178.x).
- 589 Oliveira, N.C.T., Campos, R.M.L., 2015. Programas complementares da gestão de
590 qualidade para segurança dos alimentos. *Revista Eletrônica Nutritime* 12, 4070-4081.
- 591 OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde/World Health Organization, 2008.
592 Perspectiva sobre a análise de risco na segurança dos alimentos – Curso de
593 sensibilização, 160p. Available online: <<http://bvs.panalimentos.org>>. Assessed:
594 January 12, 2016.
- 595 Pedroso, E.K., 2009. O processo de certificação na cadeia de carne bovina. Congresso
596 Brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC. Associação Brasileira de Zootecnistas. 14p.
597 Available online: <<http://www.abz.org.br/>>. Assessed: December 05, 2014.
- 598 Peyrat, M.B., Soumet, C., Maris, P., Sanders, P., 2008. Recovery of *Campylobacter*
599 *jejuni* from surfaces of poultry slaughterhouses after cleaning and disinfection
600 procedures: Analysis of a potential source of carcass contamination. *International*
601 *Journal of Food Microbiology* 124, 188-194.
602 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.030>.

- 603 Ray, B., Bhunia, A.K., 2014. Fundamental food microbiology. Taylor & Francis, Boca
604 Raton.
- 605 Ribeiro, L.R., Siqueira, M.I.D., 2008. Validação da higienização em indústria de
606 gelados comestíveis. Estudos 35, 281-290.
- 607 Rivera-Betancourt, M., Shackelford, S.D., Arthur, T.M., Westmoreland, K.E., Bellinger,
608 G., Rossman, M., Reagan, J.O., Koohmaraie, M., 2004. Prevalence of *Escherichia coli*
609 O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* in two geographically distant
610 commercial beef processing plants in the United States. Journal of Food Protection, 67,
611 295-302.
- 612 Santos, A.M., Moura, A.C., 2011. Perfil de resistência microbiana aos principais
613 sanitizantes utilizados em frigoríficos da cidade de Cascavel, Paraná. Revista Higiene
614 Alimentar 25, 170-175.
- 615 Schlegelová, J., Babák, V., Holasová, M., Konstantinová, L., Necidová, L., Šišák, F.,
616 Vlková, H., Roubal, P., Jaglic, Z., 2010. Microbial Contamination after Sanitation of
617 Food Contact Surfaces in Dairy and Meat Processing Plants. Czech Journal of Food
618 Sciences 28, 450-461.
- 619 Sheen, S., Hwang, C.A., 2010. Mathematical modeling the cross-contamination of
620 *Escherichia coli* O157:H7 on the surface of ready-to-eat meat product while slicing.
621 Food Microbiology 27, 37-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.016>.
- 622 Silagyi, K., Kim, S.-H., Lo, H.M., Wei, C.-i, 2009. Production of biofilm and quorum
623 sensing by *Escherichia coli* O157:H7 and its transfer from contact surfaces to meat,
624 poultry, ready-to-eat deli, and produce products. Food Microbiology 26, 514-519.
625 <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2009.03.004>.
- 626 Silva, A.O., 2013. Investigação da interferência de sanitizantes na avaliação de
627 superfícies por ATP bioluminescência. Monograph, Universidade Federal do Rio
628 Grande do Sul, Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Food Engineering
629 Course. Available online:< <http://hdl.handle.net/10183/87558>>. Assessed: March 25,
630 2015.
- 631 Silveira, J.G., 2010. Investigação de *Listeria sp.* e microorganismos mesófilos totais em
632 carcaças bovinas e em ambiente industrial de abatedouro. Dissertation, Universidade
633 Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Programa de
634 Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Available online:
635 <<http://hdl.handle.net/10183/28738>>. Assessed: December 11, 2015.
- 636 Talamini, E., Pedrozo, E.A., Silva, A.L., 2005. Supply chain management and food
637 safety: exploratory research into Brazil's pork export supply chain. Gestão & Produção
638 12, 107-120.
- 639 Tarwate, B.G., Sherikar, A.T., Murugkar, H.V., 1993. Microbiological analysis of
640 environmental sources of contamination in Deonar abattoir. Journal of Food Science
641 and Technology 30, 127-129.
- 642 Tauxe, R.V., 1997. Emerging foodborne diseases: an evolving public health challenge.
643 Emerging Infectious Diseases 3, 425-434.

- 644 Tondo, E.C., Casarin, L.S., Oliveira, A.B., Martello, L., Silva Jr., E.A., Gelli, D., 2015.
645 Avanços da segurança de alimentos no Brasil. *Vigilância Sanitária em Debate* 3, 122-
646 130. <http://dx.doi.org/10.3395/2317-269x.00443>.
- 647 USDA – United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service.
648 (2015). Beef and Veal Selected Countries Summary. Available online:
649 <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Assessed: January 07, 2016.
- 650 Vieira, G.R.M., Wander, A.E., Figueiredo, R.S., 2013. Competitiveness of beef
651 exporting slaughterhouses operating in Goiás state: an analysis from the perspective of
652 the firm. *Organizações Rurais & Agroindustriais* 15, 43-59.
- 653 Yang, Y. Mikš-Krajnik, M., Zheng, Q., LeeS.-B., Lee, S.-C., Yuk, H.-G., 2016. Biofilm
654 formation of *Salmonella Enteritidis* under food-related environmental stress conditions
655 and its subsequent resistance to chlorine treatment. *Food Microbiology* 54, 98-105.
656 <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2015.10.010>.
- 657
- 658

4. DISCUSSÃO GERAL

O desenvolvimento da presente Tese surgiu a partir da vontade em aumentar a conexão entre os dois ambientes em que o Doutorando desenvolveu atividades nos últimos anos, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde realizou o Curso de Engenharia de Alimentos e o mestrado em Agronegócios, e o MAPA, onde atua como servidor, trabalhando com inspeção no setor de carne.

Embora aparentemente distintas, as duas instituições compartilham questões em comum, como por exemplo, a compreensão do setor produtivo de alimentos e o desenvolvimento de ferramentas que incrementem a segurança dos alimentos. Assim, o desenvolvimento desta Tese foi o resultado de duas necessidades institucionais: (i) para a Universidade, integrar as pesquisas desenvolvidas com a aplicabilidade industrial sempre se consistiu em um desafio a ser alcançado por qualquer pesquisador; (ii) para o MAPA, existe a crescente demanda por conhecimentos científicos que possam embasar e aprimorar as rotinas da fiscalização.

O MAPA desfruta de autoridade fiscal e estrutura capaz de obter dados estratégicos do setor de carnes; já o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – ICTA/UFRGS possui expertise na observação e análise científica de fenômenos relacionados ao tema. Assim, após autorização formal do MAPA, encontrou-se nos Programas de Monitoramento e nos riscos associados aos alimentos alvos desses monitoramentos uma oportunidade de harmonizar ambos os potenciais destas instituições, de modo a adicionar um viés científico para a atuação da Inspeção Federal. Os resultados desta parceria poderão estruturar as bases para estudos avançados de Análise de Riscos entre Universidades, o MAPA e outras instituições públicas capazes de contribuir com o tema da segurança dos alimentos.

Dentre os programas de monitoramento microbiológico previstos pelo MAPA, foram escolhidos três para serem analisados nessa Tese. Ao longo da discussão, também se buscou discutir problemas associados à segurança de alimentos que estivessem relacionados aos monitoramentos em questão. Adicionalmente, quando possível, foi realizada uma caracterização qualitativa de alguns riscos à segurança dos alimentos, utilizando os resultados destes monitoramentos. Nessa análise, os riscos foram considerados como a função entre a probabilidade e a severidade de um perigo

específico e, em uma matriz simplificada de risco, eles poderiam variar entre baixo, médio ou alto (Tondo e Bartz, 2014).

Os três artigos apresentados compreenderam (i) a análise da prevalência de *Salmonella* sp. em carcaças de frango; (ii) análises microbiológicas e físico-químicas de águas de abastecimento em abatedouros de suínos e bovinos; e (iii) o processo de avaliação microbiológica e por bioluminescência das superfícies de contato em frigoríficos bovinos.

O primeiro artigo identificou e avaliou a prevalência de *Salmonella* spp. em carcaças de frango abatidas no RS, a partir de 77.165 amostras coletadas, entre os anos de 2006 e 2015. Os valores anuais variaram entre 2,92% e 5,24% (sem diferenças significativas no período), com uma média de 4,04%, os quais são inferiores ao resultado de diversas outras pesquisas realizadas ao redor do mundo, inclusive dos Estados Unidos e países da Europa.

A partir dos critérios de avaliação do MAPA e mesmo de outras legislações internacionais, foi possível observar que os níveis de contaminação são bastante baixos e satisfatórios. Esses resultados, junto com questões culturais do Brasil como, por exemplo, não comer frango cru (Zamberlan *et al.*, 2008; Galon *et al.*, 2011; UOL, 2015), indicam que a *Salmonella* pode representar um baixo risco associado ao consumo de carne de frango inspecionada pelo MAPA.

De fato, considerando a probabilidade e a severidade do perigo que a *Salmonella* representa na carne de frango inspecionada e produzida no Brasil, pode-se assumir que seu consumo tem risco reduzido. Isso se justifica porque a baixa incidência de *Salmonella* em frango brasileiro indica que a probabilidade de encontrar tal micro-organismo nesse alimento é baixa. Além disso, *Salmonella* não tifoides – como é o caso de *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Heidelberg*, entre outras que podem ser encontradas no frango brasileiro (Oliveira, 2005; Capalonga *et al.*, 2014; Mattiello *et al.*, 2015; Tondo *et al.*, 2015) – são consideradas de severidade média, uma vez que podem causar surtos com a recuperação das vítimas entre 3 a 5 dias (Baú *et al.*, 2009; Mikcha, 2009). Ao serem cruzadas especificamente ambas as informações, estima-se risco baixo de segurança dos alimentos.

Contudo, é possível sugerir que, mesmo com baixa prevalência na carne inspecionada, existam outras fontes de contaminação de alimentos por *Salmonella* no Brasil, haja vista que esse patógeno tem sido identificado como o principal causador de

surtos alimentares na última década. É possível que a utilização de ovos e frangos não inspecionados, a contaminação cruzada e o descontrole nas temperaturas de alimentos preparados sejam causas reais e frequentes de muitos surtos (Tondo *et al.*, 2015) aumentando os riscos. Esse risco pode ser ainda maior, especialmente em situações epidemiológicas específicas, como idade do paciente, imunodepressão, consumo de antiácidos, entre outros (Banatvala *et al.*, 1999; FAO, 2002).

A permanente preocupação das indústrias e da legislação em todo o mundo em controlar a presença de *Salmonella* em todas as etapas da cadeia de produção não é tarefa fácil, principalmente em países com as dimensões brasileiras. Segundo a Divisão de Vigilância Sanitária do RS (DVS/RS, Tondo *et al.*, 2015), a *S. Enteritidis* tem sido o principal agente de DTA nos últimos anos, e a maionese caseira feita com ovos crus não inspecionados, os alimentos mistos e as carnes têm sido os principais veículos de transmissão.

Alguns estudos já indicaram que o monitoramento microbiológico implementado por organismos oficiais tende a reduzir os contaminantes no frango (Rose *et al.*, 1999; Hue *et al.*, 2011; Sumner *et al.*, 2004). Desse modo, o PRP e outros programas de controle microbiológico já instituídos pelo MAPA, ao longo de toda a cadeia de produção (Brasil, 1952, 1998, 2005, 2006, 2009, 2013a, 2013b, 2013c), podem ajudar a explicar os baixos resultados de prevalência de *Salmonella* no frango apontados neste estudo. Outro fator capaz de contribuir para os resultados observados é a implementação dos programas de autocontrole nos abatedouros de aves, como as BPF e o PPHO, compulsórios desde 1997 (Brasil, 1996; 1997) e o APPCC, obrigatório desde 2006 (Brasil, 2005). Ainda, a permanente cadeia de frio ao longo da produção, armazenamento e distribuição dos alimentos, tradicionalmente mantida pelos estabelecimentos sob a rigorosa fiscalização do SIF, auxiliam na manutenção de reduzidas contagens de *Salmonella* (NACMCF, 1997; Cardoso *et al.*, 2000; Risco, 2009).

A variação não significativa dos índices de *Salmonella* nas amostras nos dez anos avaliados revela que, quando um sistema de produção complexo e sujeito à interferência de vários atores consegue atingir valores baixos de contaminação, mais difícil torna-se obter avanços na redução da prevalência de micro-organismos. Para Mead *et al.* (2010) e Hedberg *et al.* (2015) alcançar absoluta ausência de *Salmonella* na carne de frango pode inclusive ser impraticável. Tal limitação justifica a compulsória

informação aos consumidores dos riscos associados à manipulação e consumo de carne de frango crua ou mal cozida (USDA, 1997; Brasil, 2001).

Entretanto, mesmo que não sejam obtidos avanços numericamente significativos ou mesmo quantificáveis, a manutenção destes índices é a sinalização para os mercados de que a contaminação por *Salmonella* no frango produzido no Brasil está sob controle, constituindo-se em incentivos suficientes para que o monitoramento microbiológico e os controles ao longo da cadeia de produção sejam mantidos, quiçá aprimorados.

O segundo artigo da presente Tese apresentou os resultados de 1.555 análises de água de abastecimento utilizada em abatedouros bovinos e suínos no Rio Grande do Sul. Pelo critério oficial de potabilidade, 15,05% e 6,59% das amostras de água dos abatedouros bovinos e suínos respectivamente, apresentaram desvio em pelo menos um parâmetro analisado. Para ser oficialmente considerada potável, a água deve atender a todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos exigidos pelo MAPA e ANVISA (Brasil, 2005, 2011).

Esse dado em si é importante para o embasamento de ações fiscais oficiais de acordo com a legislação vigente. Além disso, é o equilíbrio entre os diversos parâmetros que auxiliam na garantia da qualidade e segurança da água. Contudo, para a tomada de ações corretivas e avaliação crítica dos problemas, a análise dos parâmetros individualmente parece mais útil para esta pesquisa. Para a empresa, este foco também é de suma importância, ao considerar a aplicabilidade industrial da água. Nesse ponto, suas características físico-químicas podem interferir no funcionamento de caldeiras, neutralizar a ação de detergentes utilizados nos processos de higienização, provocar corrosões e incrustações em tubulações e equipamentos, entupir válvulas, entre outros (Castro, 2006).

Nesse estudo, foi possível observar baixa porcentagem de desvios microbiológicos e também físico-químicos nas águas dos estabelecimentos. Ao considerar que a baixa frequência dos perigos apontada pelos resultados dos programas de monitoramento indica baixa probabilidade de contaminação dos alimentos pela água e, aqueles perigos que foram mais encontrados apresentavam baixa severidade (ex. micro-organismos mesófilos ou coliformes totais), pode-se estimar que o risco da água analisada foi bastante baixo.

Assim, os resultados parecem indicar que, de um modo geral, os controles implementados pelas empresas e a atuação da fiscalização oficial têm colaborado para prevenir desvios expressivos na qualidade e segurança da água e, conseqüentemente, nos riscos da mesma.

Ao comparar as espécies abatidas, a água utilizada pelos abatedouros bovinos apresentou maior índice de desvios comparado com o setor de suínos. A maior adequação da água dos suínos pode estar associada ao seu tratamento, aos sistemas de distribuição ou mesmo à origem da água. Havelaar (1994) indicou que a poluição da fonte de água, o tratamento incorreto e a recontaminação da água tratada (no sistema de armazenamento e distribuição) representam os maiores perigos microbiológicos para a água de abastecimento. Não existe ainda uma compilação formalizada, mas o setor de suínos do MAPA informa que a maioria dos abatedouros registrados utiliza água de poços artesianos (considerada de melhor qualidade); já a informação fornecida pelo setor de bovinos indica que alguns estabelecimentos que abatem essa espécie captam a água para abastecer a indústria a partir de rios ou açudes (de qualidade variável).

Alguns estudos comprovam que o tipo e a intensidade de tratamento da água utilizada pela indústria dependerão da sua origem (rede pública de abastecimento, poço, rio, açude, etc.), que pode ter grande influência sobre sua qualidade original (Kirb *et al.*, 2003, ILSI, 2008, EUFIC, 2015). É digno de nota que o setor bovino historicamente enfrentou problemas gerenciais e de qualidade no Brasil (Moricochi *et al.*, 1995; Caleman e Zylbersztajn, 2012), contudo, dada a concentração de mercado e profissionalização do setor nos últimos anos, estudos mais aprofundados devem ser conduzidos para apontar, com mais segurança, as justificativas técnicas para as diferenças identificadas na qualidade da água.

Essa variação não significa necessariamente que os produtos cárneos bovinos estariam sujeitos a maiores contaminações (ou maiores riscos), haja vista que essa conclusão demandaria análise das variáveis dos dois processos produtivos bem como das especificidades de cada planta industrial.

Dentre os parâmetros microbiológicos da água dos abatedouros bovinos, destaca-se que tanto a contagem padrão de mesófilos aeróbios quanto os coliformes totais apresentaram um índice de 5,46% de amostras fora do padrão. Mesmo relativamente baixos, os resultados devem servir de alerta para o aperfeiçoamento dos sistemas de tratamento e distribuição das empresas. Nesse aspecto, é importante a

manutenção de parâmetros físico-químicos adequados, como a cloração e o pH, para evitar a sobrevivência e multiplicação de patógenos (WHO, 2016). Interessantemente, 26,09% das amostras microbiológicas não conformes nos bovinos também apresentaram desvio na concentração de cloro livre, o que indica a importância dessa variável nos resultados microbiológicos. O FDA já havia apontado, entre as principais causas para surtos alimentares nos EUA, a cloração inadequada e deficiências na higienização e proteção de reservatórios de água (FDA, 2014).

O pH e o alumínio também foram desvios físico-químicos relevantes. O pH fora dos parâmetros interfere na eficiência do cloro como desinfetante (Marois-Fiset *et al.*, 2013, CDW, 2015), embora nenhuma das amostras que apresentaram micro-organismos acima do padrão tenham apresentado desvio nestes parâmetros. Isso pode ser um indicativo de que outros fatores que poderiam colaborar com a contaminação microbiana não estavam presentes nestas amostras específicas. O alumínio é utilizado como floculante no tratamento de águas (Sieliechi *et al.*, 2010; Henning *et al.*, 2015) e seus níveis devem ser mantidos o mais baixo possível devido a sua toxicidade e efeitos residuais no organismo (Giordano e Costantini, 1993, WHO, 2003).

Ao considerar as diversas variáveis que podem interferir na qualidade da água e a dinâmica dos processos industriais que a demandam para os mais variados fins, não é de se surpreender que na maioria dos casos possa ser inviável garantir que a água estará absolutamente livre de quaisquer patógenos, resíduos ou contaminantes. Aliado a isso, a ampla gama de possíveis agentes presentes na água (que por vezes não são investigados por análises tradicionais) e a periodicidade de coleta, podem trazer um viés de incerteza sobre a sua segurança. No entanto, a meta das indústrias e dos órgãos de fiscalização deve ser sempre garantir que quaisquer alterações nos padrões ideais da água não representem um risco ao utilizá-la na indústria de alimentos. Kirb *et al.* (2003) já afirmaram que a água deve representar risco insignificante para a saúde pública, embora isso não implique necessariamente em esterilidade ou ausência de patógenos.

Desse modo, garantir que a água seja potável (considerando todos os padrões exigidos) deve ser consequência da meta primordial: garantir que a água seja segura. Essa afirmação vai ao encontro de um preceito da ONU, que é garantir que todos tenham acesso a “água potável segura” (UN, 2011, 2013). Assim, a análise institucional dos resultados de análises laboratoriais e as possíveis medidas corretivas deveriam levar em consideração o risco que os desvios detectados representam para a segurança do

alimento e quais respostas adicionais deveriam ser buscadas para identificar ameaças à saúde que os monitoramentos tradicionais não identificam. Com isso, os resultados desse programa de monitoramento, além de embasarem ações fiscais imediatas e pontuais, consistirão em uma referência para uma análise de risco, considerando a realidade da produção nacional e os reais impactos que a água pode exercer na segurança dos alimentos. A partir dos resultados da presente pesquisa, é possível afirmar que o Brasil está no caminho certo.

O terceiro artigo dessa Tese analisou o processo de avaliação da higiene de superfícies que entram em contato com produtos de abatedouros bovinos, demonstrando que havia falta de padronização nos procedimentos e incertezas nas fontes de informação das empresas estudadas. De fato, a maioria (70%) dos responsáveis pelo controle de qualidade das empresas estudadas desconhecia a origem dos métodos ou parâmetros microbiológicos utilizados no controle de superfícies e também aqueles utilizados nos programas associados à Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Estas informações-chave haviam sido definidas por ex-funcionários ou empresas externas de consultoria. Mesmo nas empresas que ainda possuíam os funcionários que definiram os parâmetros microbiológicos, a maioria deles se baseou nos programas de empresas nas quais trabalhavam anteriormente.

Tais dificuldades indicam uma redução na confiabilidade e, provavelmente, na eficácia do monitoramento microbiológico das superfícies, aumentando o risco de segurança de alimentos. Nesse sentido, tendo por base as percepções alcançadas neste trabalho, mesmo que os resultados microbiológicos disponibilizados pelas empresas tenham sido passíveis de compilação pelo MAPA, estes não se constituíram um referencial seguro para afirmar que os riscos fossem baixos, mesmo quando a maioria das análises tenha sido negativas para patógenos ou abaixo dos limites estabelecidos.

Segundo Ribeiro-Furtini e Abreu (2006), a falta de especificidade pode ser um problema para desenvolver programas de qualidade que contemplem os reais riscos de um estabelecimento processador de alimentos. O processo de tomada de decisão da empresa também pode ser prejudicado pela deficiência de informações (Cândido *et al.*, 2005), pois tende a comprometer as ações preventivas e corretivas da empresa, o que pode gerar impacto negativo até em programas de qualidade adjacentes por estarem subestimando alguns riscos associados às superfícies de contato com alimentos. Esse pode ser um motivo que explique porque grande parte das empresas estudadas não

encontrou micro-organismos patogênicos na maioria das análises realizadas. Obviamente que muitos desses resultados podem ser reflexos de uma adequada higienização nos utensílios e equipamentos, porém, o alto índice de conformidade também pode estar associado a coletas realizadas em locais não-críticos ou padrões que examinem micro-organismos que não representam um risco sanitário àquela planta industrial específica, deixando de lado outros micro-organismos potencialmente mais relevantes. Diversos estudos conduzidos no Brasil já apontaram contaminação em carcaças e superfícies de contato – inclusive em empresas com SIF (Silveira, 2010; Mariot, 2010; Casagrande *et al.*, 2013).

Essa impressão foi compartilhada pelas próprias empresas, que declararam suspeitar da validade das informações coletadas, porém não se sentiam seguras para implementar mudanças significativas a partir de uma avaliação crítica (e científica) dos resultados obtidos. As limitações apontadas ressaltam a importância do conhecimento das variáveis capazes de interferir no objeto alvo do monitoramento. Assim, o tipo e a contagem da possível microbiota presente estão diretamente relacionados às peculiaridades da empresa, como origem do gado, parâmetros de processo, insumos, sanificantes utilizados, métodos de higienização, entre outros. O MAPA, por exemplo, exige que constem nos programas das empresas os métodos de higienização, os responsáveis pela execução e monitoramento e os produtos utilizados. A escolha do sanificante, a partir do conhecimento de seu espectro de ação, modo de usar, toxicidade e possível resistência são fundamentais (Gaulin *et al.*, 2011), embora parte desses cuidados não tenha sido efetivamente tomada pela maioria das empresas estudadas.

Medidas de prevenção da contaminação microbiológica das superfícies, quando implementadas, são mais eficazes para a segurança dos alimentos do que a higienização das superfícies em si (Luber *et al.*, 2011). Desse modo, o monitoramento e a higienização das superfícies devem estar integrados com outros programas de qualidade de modo a identificar a correlação entre os fatores que interferem na segurança do alimento em cada um dos programas. Além disso, por mais que ocorra contaminação das superfícies de contato, cabe à empresa garantir que as técnicas de higienização e sua frequência reduzam os riscos sanitários dos alimentos até níveis seguros (Gibson *et al.*, 1999; Silagyi *et al.*, 2009). Tal garantia depende muito de uma equipe de higienização bem treinada (Salvat e Colin, 1995; Redemann, 2005), mas também de um monitoramento microbiológico bem feito.

Todas as limitações apontadas nesse estudo demonstram que muitas empresas podem depender de certas motivações para desenvolver e aperfeiçoar alguns programas de qualidade de maneira mais profissionalizada, em especial quando se trata de um monitoramento que não é conduzido pelos órgãos fiscalizadores. Nesse sentido, a atuação oficial até poderia obter alguns resultados, porém, suprir as empresas com informações cientificamente seguras sobre as vantagens de um monitoramento bem conduzido poderão ser mais eficazes. Chaves (2006), por exemplo, mostrou que, em médio prazo, os testes laboratoriais para patógenos em equipamentos e produtos tendem a melhorar a eficiência da produção, reduzir o custo do trabalho e aumentar a produtividade e confiabilidade. Adicionalmente, poderiam ser definidos parâmetros de referência para contaminação de superfícies baseados em uma análise de risco, que considerasse o contexto nacional. Essa referência seria apenas o ponto de partida para a empresa desenvolver sua própria metodologia, considerando os riscos aplicáveis à sua realidade.

A discussão desenvolvida a partir dos três artigos vai ao encontro de alguns dos objetivos de médio prazo do MAPA, que é desenvolver ferramentas de avaliação mais apuradas com base em informações recolhidas nas empresas e nas fiscalizações, visando melhorar o monitoramento do processo de produção. Com isso, o sistema de fiscalização como um todo seria melhor modelado para que atue com mais eficiência onde de fato existe risco (Freitas, 2014).

Um passo importante foi dado nesse trabalho ao serem identificados alguns riscos à segurança dos alimentos, utilizando os resultados dos programas de monitoramento escolhidos. A partir desses resultados foi verificado que a incidência de *Salmonella* em carne de frango foi bastante baixa e a qualidade das águas utilizadas nos frigoríficos esteve adequada, porém, o processo de avaliação da higiene de superfícies por parte das empresas deve ser remodelado para fornecer resultados confiáveis.

De modo complementar a este trabalho e a partir dos resultados gerados por ele, uma Análise de Risco Microbiológico poderia ser conduzida pelo MAPA, no intuito de permitir uma estimativa mais apurada da segurança dos produtos cárneos avaliados pelos programas de monitoramento. Assim, a identificação quantitativa dos riscos auxiliaria na eficiência dos programas de autocontrole das empresas e também nos métodos que o Serviço de Inspeção Oficial utiliza para controlar os perigos microbiológicos da carne brasileira.

5. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados desta Tese, foi possível constatar a potencialidade dos programas de monitoramento do MAPA como ferramenta para avaliar e estimar qualitativamente os riscos associados ao alvo de cada um dos programas. Sob outra perspectiva, também foi identificada a necessidade de se conduzir estimativas, baseando-se em conhecimento científico, a fim de evitar a obtenção de informações equivocadas que podem, inclusive, num viés extremo, comprometer a segurança dos produtos cárneos.

Desse modo, tais programas de monitoramentos podem fornecer elementos para auxiliar empresas sérias que almejam garantir a segurança de seus produtos e também subsídios para os tomadores de decisão dos órgãos reguladores aperfeiçoarem ou implementarem novos programas de controle.

A análise desenvolvida nesta Tese identificou prováveis baixos riscos para o uso da água de abastecimento nos frigoríficos bovinos e suínos e também para a prevalência de *Salmonella* em carne de frango. Além disso, identificou aspectos críticos na avaliação microbiológica da higiene de superfícies de contato de frigoríficos de bovinos. Também foi discutida a diversidade de fatores e atores envolvidos capazes de interferir na segurança de produtos cárneos e foram apresentadas sugestões de melhorias institucionais de modo a promover melhor controle sobre os processos que podem influenciar nas contagens dos elementos-alvo analisados.

Os resultados, em geral, parecem indicar que as ações do MAPA, através do monitoramento oficial, têm sido positivas para a segurança dos produtos cárneos. Os resultados destes controles, contudo, poderão ser ainda mais úteis se consistirem em base para uma identificação quantitativa dos riscos. Em tal ponto, o MAPA pode conduzir Avaliações de Risco cientificamente fundamentadas, de modo a aprimorar e, em seguida, divulgar a segurança dos alimentos brasileiros, como um diferencial competitivo capaz de consolidar o país como protagonista no mercado mundial de carnes. Para isso, as parcerias com Instituições de pesquisa não são apenas uma perspectiva, mas uma realidade, conforme visto no presente estudo.

6. PERSPECTIVAS

- Avaliar os resultados de análises microbiológicas e físico-químicas em amostras de água de abastecimento de abatedouros de aves do RS;
- Identificar e avaliar a prevalência de *Listeria monocytogenes* e *E. coli* a partir dos resultados de programas oficiais específicos para estes micro-organismos;
- Avaliar o uso de NaOH na água de escaldagem durante o processamento de carcaças de frangos para a redução das contagens de *Salmonella* (esta demanda surgiu de algumas empresas do setor que buscavam autorização junto ao MAPA para conduzirem experimentos sobre este tema).
- Existe a perspectiva de serem disponibilizados os dados nacionais das análises do PRP, que compreendem centenas de milhares de resultados. Caso se concretize, esta torna-se uma oportunidade ímpar para compará-los com os resultados do RS e oferecer maior robustez estatística para avaliar a qualidade e a segurança do frango produzido no Brasil.

7. REFERÊNCIAS

Almeida, J. C.; de Paula, C. M. S.; Svoboda, W. C.; Lopes, M. O.; Pilonetto, M. P.; Abrahão, W. M.; Gomes, E. C. Perfil epidemiológico de casos de surtos de doenças transmitidas por alimentos ocorridos no Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, p. 97-106, 2013. DOI: 10.5433/1679-0367.2013v34n1p97.

Al-Sultan, I. I., Jasni, S. Effects of bacterial contamination on Meat Decomposition. **Journal of Advanced Biomedical & Pathobiology Research**, v. 5, p. 9-22, 2015.

Arendt, S.; Rajagopal, L.; Strohhahn, C.; Stokes, N.; Meyer, J.; Mandernach, S. Reporting of Foodborne Illness by U.S. Consumers and Healthcare Professionals. **Int J Environ Res Public Health**, v.10, p. 3684-3714, 2013. DOI: 10.3390/ijerph10083684.

Balbani, A. P. S.; Butugan, O. Contaminação biológica de alimentos. *Pediatria*, v.23, p. 320-328, 2001. Disponível em: <http://bvs.panalimentos.org/local/File/rev_pediatriasp_contaminacao_biologica_alimentos.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2016.

Banatvala, N.; Cramp, A.; Jones, I. R.; Feldman, R. A. Salmonellosis in North Thames (East), UK: associated risk factors. **Epidemiology and Infection**, v. 122, p. 201-207, 1999.

Baú, D.; Siqueira, M. R.; Mooz, E. D. **Salmonella – agente epidemiológico causador de infecções alimentares**: uma revisão. Congresso Brasileiro de Economia Doméstica, 20. 2009. Disponível em: <http://www.xxcbed.ufc.br/arqs/gt6/gt6_72.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2016.

BEEFPOINT. *Leia nota oficial da ABIEC sobre contaminação de carne bovina brasileira exportada à Europa*. 29 abr. 2013. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/leia-nota-oficial-da-abiec-sobre-contaminacao-de-carne-bovina-brasileira-exportada-a-europa/>>. Acesso em: 26 mar. 2014.

Bello, M.; Lawan, M. K.; Kwaga, J. K. P.; Raji, M. A. Assessment of carcass contamination with E. coli O157 before and after washing with water at abattoirs in Nigeria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 150, p. 184-186, 2011. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.029.

Brasil – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 9, de 8 de abril de 2009. Instituir os Procedimentos de Controle da *Listeria monocytogenes* em produtos de origem animal prontos para o consumo, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/dipoa/IN_09%20de_8_de_abril_de_2009.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

Brasil – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 16, de 23 de junho de 2015. Estabelecer, em todo o território nacional, as normas específicas de inspeção e a fiscalização sanitária de produtos de origem animal, referente às agroindústrias de pequeno porte. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/legislacao/in16.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2016.

Brasil – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Norma Interna DIPOA/SDA nº 01, de 17 de junho de 2015. Aprovar os procedimentos para a coleta e análise de *Escherichia coli* verotoxigênica e *Salmonella* spp. em carne de bovino in natura utilizada na formulação de produtos cárneos, cominutados, prontos para serem cozidos, fritos ou assados. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/dipoa/Norma_Interna_%202_013_E_coli.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 13. Aprova o Regulamento Técnico para Instruções de Uso, Preparo e Conservação na Rotulagem de Carne de Aves e Seus Miúdos Crus, Resfriados ou Congelados, em Anexo. Brasília, 02 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9d14a400474574f7832bd73fbc4c6735/RDC_13.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 05 jan. 2016.

Brasil. Casa Civil. (1989). *Lei Nº 7.889*. Dispõe sobre inspeção sanitária e industrial dos produtos de origem animal, e dá outras providências. Brasília, 23 de novembro.

Brasil. Controladoria-Geral da União – CGU. **Acesso à Informação Pública**: Uma introdução à Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.acessoainformacao.gov.br/central-de-conteudo/publicacoes/arquivos/cartilhaacessoainformacao.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Norma Interna DIPOA/SDA nº 1. Aprova os procedimentos operacionais complementares à Instrução Normativa nº 09, de 8 de abril de 2009, definindo os procedimentos para a coleta oficial de amostras para o controle de *Listeria monocytogenes*. Brasília, 9 ago. 2013a. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/dipoa/Norma_Interna_DIPOA_01_2013_Listeria\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/dipoa/Norma_Interna_DIPOA_01_2013_Listeria(1).pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Norma Interna DIPOA/SDA nº 2. Aprovar os procedimentos para a coleta e análise de *Escherichia coli* verotoxigênica em carne de bovino in natura utilizada na formulação de produtos cárneos, cominutados, prontos para serem cozidos, fritos ou assados. Brasília, 20 ago. 2013b. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/dipoa/Norma_Interna_%202_013_E_coli.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Circular Nº 175/2005/CGPE/DIPOA. **Procedimentos de Verificação dos Programas de Autocontrole**. Brasília, 16 maio 2005.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Circular DCI/DIPOA nº 245. Determina a implantação do Programa de procedimento padrão de Higiene Operacional (PPHO). Brasília, 25 nov. 1996.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Portaria nº 368. Aprovar o Regulamento Técnico sobre as condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Elaboradores/Industrializadores de Alimentos. Brasília, 04 set. 1997. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/concursos/em_andamento/portarias/port%20368.doc>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Portaria SDA Nº 210. Aprova o Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves. Brasília, 10 DE NOVEMBRO DE 1998. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/concursos/em_andamento/portarias/port%20210.doc>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Circular CGPE/DIPOA nº 294. Diretrizes para aplicação das Circulares nº 175/2005/CGPE/DIPOA e 176/2005/CGPE/DIPOA nos estabelecimentos de abate de aves: novas frequências. Brasília, 05 de maio DE 2006.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento – MAPA. Norma Interna SDA nº 04. Aprovar o Programa de avaliação de conformidade de padrões físico-químicos e microbiológicos de produtos de origem animal comestíveis e água de abastecimento de estabelecimentos registrados e relacionados no Serviço de Inspeção Federal (SIF) e de produtos de origem animal comestíveis importados. Brasília, 16 dez. 2013c. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/dipoa/Norma%20Interna%20SDA%20n%2004_2013%20-%20Cronograma%20de%20an%C3%A1lises%202014.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Vigilância Epidemiológica das Doenças Transmitidas por Alimentos – VE-DTA. 2014. Disponível em: <http://www.anrbrasil.org.br/new/pdfs/2014/3_PAINEL_1_ApresentacaoRejaneAlvesVigilanciaEpidemiologica-VE-DTA-Agosto_2014_PDF.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2016.

Brasil. Presidência da república. Decreto nº 30.691. Aprova o novo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília, 29 mar. 1952. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Producao-Integrada-Pecuaria/Decreto%2030691%20de%201952.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Brazil – Ministério da Saúde. Portaria nº 2914. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 12 dez. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Caleman, S. M. Q.; Zylbersztajn, D. Falta de garantias e falhas de coordenação: evidências do sistema agroindustrial da carne bovina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 223-242, 2012. DOI: 10.1590/S0103-20032012000200002.

Cândido, C. A.; Valentim, M. L. P.; Contani, M. L. Gestão Estratégica da Informação: semiótica aplicada ao processo de tomada de decisão. **DataGramZero - Revista de Ciência da Informação**, v. 6, artigo 03, 2005.

Capalonga, R.; Ramos, R. C.; Both, J. M. C.; Soeiro, M. L. T.; Longaray, S. M.; Haas, S.; Tondo, E. C. *Salmonella* serotypes, resistance patterns, and food vehicles of salmonellosis in southern Brazil between 2007 and 2012. **J Infect Dev Ctries**, v. 8, p. 811-817, 2014. DOI: 10.3855/jidc.3791.

Cardoso, A. L. S. P.; Tessari, E. N. C.; Castro, A. G. M.; Kanashiro, A. M. I. Pesquisa de *Salmonella* spp., coliformes totais, coliformes fecais e mesófilos em carcaças e produtos derivados de frango. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 67, 2000. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/V67_1/pesquisa_salmonella.htm>. Acesso em: 08 fev. 2016.

Cardoso, E. G. B.; Pedro, N. S. F. (2011). Servidores Públicos: Um breve estudo. **Âmbito Jurídico**, 19, n.92. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10324>. Acesso em: 13 jan. 2016.

Carneiro, M. J.; Guedes-Bruni, R. R.; Leite, S. P. Conhecimento científico e políticas públicas: mobilização e apropriação do saber em medidas de conservação da Mata Atlântica. **Estud. Soc. e Agric.**, v. 17, p. 254-303, 2009. Disponível em: <<http://r1.ufrj.br/esa/V2/ojs/index.php/esa/article/viewFile/314/310>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Casagrande, L.; Detanico, C. M. T.; Franco, R. M. Ocorrência de *Escherichia coli* em meias carcaças de bovinos abatidos em estabelecimento habilitado para exportação. **Ciência Rural**, v. 43, p. 1025-1030, 2013.

Castro, V. G. Utilização da água na indústria de alimentos. Universidade Castelo Branco/Pós-graduação em Higiene e Inspeção de Produtos de Origem Animal e Vigilância Sanitária. São Paulo, nov. 2006. Disponível em: <<http://qualittas.com.br/uploads/documentos/Utilizacao%20da%20Agua%20na%20Industria%20de%20Alimentos%20-%20Viviane%20Guimaraes%20de%20Castro.PDF>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

Caswell, J. A.; Hooker, N. H. HACCP as an International Trade Standard. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 78, p. 775-779, 1996.

Cavalcante, F. C.; Anjos, U. G.; Reifschneider, F. J. B. Agregando valor através de parceria pública - um estudo de caso. 63ª Reunião Anual da SBPC, 2011. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

CCE – Comissão das Comunidades Europeias. **White paper on food safety**. COM (1999) 719 final. Bruxelas, 12 jan. 2000. Disponível em: <http://ec.europa.eu/dgs/health_food-safety/library/pub/pub06_en.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2016.

CDW – Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water. **PH of Drinking Water**. Document for Public Comment, Health Canada, 2015. Disponível em: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/pdf/consult/2015/ph/consult-eng.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2015.

Chapman, B.; Eversley, T.; Fillion, K.; MacLaurin, T.; Powell, D. Assessment of Food Safety Practices of Food Service Food Handlers (Risk Assessment Data): Testing a Communication Intervention (Evaluation of Tools). **Journal of Food Protection**, V. 73, 1101-1107, 2010.

Chaves, J. B. P. Contaminação de alimentos: o melhor é preveni-la. Artigo – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 23 jan. 2006. Disponível em: <<http://www.dta.ufv.br/artigos/contal.htm>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2015). Balanço 2015 e Perspectivas 2016. Parte 1 - Balanço e Perspectivas - Panorama Econômico/Mercado internacional. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/sites-especiais/balanco-2015-e-perspectivas-2016>>. Acesso em: 9 fev. 2016.

Coleman, M. E.; Marks, H. M. Qualitative and quantitative risk assessment. *Food Control*, v. 10, p- 289-297, 1999.

Dias, A. R. (2003). Barreiras não-tarifárias às exportações de carne bovina do Rio Grande do Sul sob a ótica do Sistema Integrado Agronegocial (SIAN). *Dissertação*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/5280>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

EC – European Commission. Commission Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Off. J. Eur. Union* L 338:1–26. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32005R2073>>. Acesso em: 08 Jan. 2016.

EUFIC – European Food Information Council Newsletter. **Use of water in food production**. *Food Today* 02/2015. Disponível em: <http://www.eufic.org/article/en/artid/Use_of_water_in_food_production/>. Acesso em: 06 fev. 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Risk assessments of Salmonella in eggs and broiler chickens**, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-y4392e.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Farah, M. F. S. Parcerias, novos arranjos institucionais e políticas públicas no nível local de governo. **Revista de Administração Pública**, v. 35, p. 119-144, 2001. Disponível em: <www.spell.org.br/documentos/download/12451>. Acesso em: 17 fev. 2016.

FDA – Food and Drug Administration (2016). **Outbreaks: Investigation, Response & Evaluation**. Page Last Updated: 02/02/2016. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/RecallsOutbreaksEmergencies/Outbreaks/default.htm>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

FDA – Food and Drug Administration. **Food CGMP Modernization** — A Focus on Food Safety. Page Last Updated: Sep. 25, 2014. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/CGMP/ucm207458.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

Federal Register. 1996. Pathogen Reduction; Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Systems, Final Rule. USDA/FSIS. *Federal Register* **61**: 38806-38989. Disponível em: <<http://www.fsis.usda.gov/OPPDE/rdad/FRPubs/93-016F.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2016.

Flynn, D. (2009). Ten of the Most Meaningful Outbreaks. *Food Safety News*, sept., 14. Disponível em: <<http://www.foodsafetynews.com/2009/09/ten-of-the-most-meaningful-food-borne-illness-outbreaks-picked-out-of-so-many/#.Vrpl5vkrKt8>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

Fox, J. A.; Peterson, H. H. Risks and implications of bovine spongiform encephalopathy for the United States: insights from other countries. *Food Policy*, v. 29, p. 45-60, 2004. DOI:10.1016/j.foodpol.2004.01.003.

Freitas, A. **Quem fiscaliza o quê na cadeia de produção de alimentos.** Responsabilidade é compartilhada por vários atores, de empresas a órgãos governamentais. atualizado em 07 maio 2014. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/defesa-do-consumidor/quem-fiscaliza-que-na-cadeia-de-producao-de-alimentos-8605592>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

FSA – Food Standards Agency (2015). Wrapping, packaging and transport hygiene, 17. In: Meat Industry Guide. Disponível em: <<https://www.food.gov.uk/sites/default/files/Chapter17-Wrapping.Packing%26TransportHygiene.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2016.

Furlan, M. S.; André, N. A. T.; Schotten, P. C. **Qualidade: legalidade ou diferencial competitivo?** Estudo do objetivo do controle de qualidade em um abatedouro de frangos. *Semana de Estudos Contábeis e de Administração*, ISBN – 2178-5007, 2012.

Galon, S. P.; Falbo, M. K.; Rover, G.; Ishiy, L. E.; Durman, T.; Costa, L. M. D. **Hábitos de consumo dos produtos cárneos da população de Guarapuava-PR**, 2011. Disponível em: <<http://www.sovergs.com.br/site/38conbravet/resumos/615.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

Gander, P. (2015). *War waged on contamination in ingredients*. *Food Manufacture*. Disponível em: <<http://www.foodmanufacture.co.uk/Food-Safety/Contamination-in-ingredients>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

Gaulin, C.; Lê, M.-L.; Shum, M.; Fong, D. **Disinfectants and sanitizers for use on food contact surfaces**. National Collaborating Centre for Environmental Health at the British Columbia. Aug. 2011. Disponível em: <[http://www.nccch.ca/sites/default/files/Food Contact Surface Sanitizers Aug 2011.pdf](http://www.nccch.ca/sites/default/files/Food%20Contact%20Surface%20Sanitizers%20Aug%202011.pdf)>. Acesso em: 16 fev. 2016.

Gibson, H.; Taylor, J. H.; Hall, K. E.; Holah, T. J. Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms. *Journal of Applied Microbiology*, v. 87, p. 41-48, 1999.

Gillespie, C. (2014). After Salmonella Outbreak, Bankruptcy Sunland Plant Heads To Auction. *Food Poisoning Bulletin*, March, 16. Disponível em: <<https://foodpoisoningbulletin.com/2014/after-salmonella-outbreak-bankruptcy-sunland-plant-heads-to-auction/>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

Giordano, R.; Costantini, S. Some aspects related to the presence of aluminium in waters. **Ann Ist Super Sanita.**, v. 29, p. 305-311, 1993.

Gomes-Neves, E., Antunes, P., Tavares, A., Themudo, P., Cardoso, M. F., Gärtner, F., Costa, J. M., Peixe, L. Salmonella cross-contamination in swine abattoirs in Portugal: Carcasses, meat and meat handlers. *International Journal of Food Microbiology* **157**: 82-87. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2012.04.015.

Hathaway, S. Management of food safety in international trade. **Food Control**, v. 10, p. 247-253, 1999. DOI: 10.1016/S0956-7135(99)00006-7.

Hedberg, C. W.; Bender, J. B.; Sampedro, F.; Wells, S. J. **Potential Impacts of a Zero Tolerance Policy for Salmonella on Raw Meat and Poultry**. Issue Brief Food Policy Research Center. Disponível em: <<https://www.foodpolicy.umn.edu/policy-summaries-and-analyses/potential-impacts-zero-tolerance-policy-salmonella-raw-meat-and>>.

Acesso em: 21 dez. 2015.

Henning, J.; Kasper, R.; Sara, E. Evaluation of aluminum treatment efficiency on water quality and internal phosphorus cycling in six Danish lakes. **Hydrobiologia**, v. 751, p. 189-199, 2015.

Hobbs, J. E.; Fearn, A., Spriggs, J. Incentive structures for food safety and quality assurance: an international comparison. **Food Control**, v. 13, p. 77-81, 2002. DOI: 10.1016/S0956-7135(01)00103-7.

Honório, N. A.; Câmara, D. C. P.; Calvet, G. A.; Brasil, P. *Chikungunya*: uma arbovirose em estabelecimento e expansão no Brasil. **Cad. Saúde Pública**, v.31, p.906-908, 2015. DOI: 10.1590/0102-311XPE020515.

Hue O. *et al.* (2011). Prevalence of Salmonella spp. on broiler chicken carcasses and risk factors at the slaughterhouse in France in 2008. *Food Control* **22**: 1158-1164. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.01.009.

Hugas, M., Beloeil, P. A. (2014). Controlling Salmonella along the food chain in the European Union - progress over the last ten years. *Euro Surveill* **19**: 1-4. Disponível em: <<http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20804>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

Hussain, M. A., Dawson, C. O. (2013). Economic Impact of Food Safety Outbreaks on Food Businesses. *Foods* **2**: 585-589. DOI:10.3390/foods2040585.

ILSI – International Life Sciences Institute. **Considering Water Quality for Use in the Food Industry**. ILSI Europe Report Series, 2008, 48p. Disponível em: <http://www.ilsa.org/Europe/Publications/R2008Con_H2O.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2015.

Jatib, I. Food Safety and Quality Assurance Key Drivers of Competitiveness. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 6, p.38-56, 2003.

Kindlein, L., Lassen, P., Ferreira, T. Z. (2014). *Inspeção e Tecnologia de Produtos de Origem Animal com Enfoque em Concursos Públicos*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 101p. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/edital19/inspecao-origem-animal/Inspe%C3%A7%C3%A3o%20e%20tecnologia%20POA.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

Kirb, R. M.; Bartram, J.; Carr, R. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. **Food Control**, v. 14, p. 283-299, 2003. DOI: 10.1016/S0956-7135(02)00090-7.

Lambrechts, A. A., Human, I. S., Doughari, J. H., Lues, J. F. R. (2014). Bacterial contamination of the hands of food handlers as indicator of hand washing efficacy in some convenient food industries in South Africa. *Pakistan Journal of Medical Sciences* 30: 755-758.

Luber, P.; Crerar, S.; Dufourc, C.; Farber, J.; Datta, A.; Todd, E. C. D. Controlling *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods: Working towards global scientific consensus and harmonization – Recommendations for improved prevention and control. **Food Control**, v. 22, p. 1535-1549, 2011. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.01.008.

Luning, P. A.; Bango, L.; Kussagac, J.; Rovirad, J.; Marcelise, W.J. Comprehensive analysis and differentiated assessment of food safety control systems: a diagnostic instrument. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. 522-534, 2008. DOI:10.1016/j.tifs.2008.03.005.

Marchi, D. M.; Baggio, N.; Teo, C. R. P. A.; Busato, M. A. Ocorrência de surtos de doenças transmitidas por alimentos no Município de Chapecó, Estado de Santa Catarina, Brasil, no período de 1995 a 2007. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 20, p. 401-407, 2011. DOI: 10.5123/S1679-49742011000300015.

Mariot, R. F. **Avaliação do design higiênico de equipamentos que contribuem para a contaminação de carcaças na 1º etapa de abate de suínos**. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/26838>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

Marois-Fiset, J.-T.; Carabin, A.; Lavoie, A.; Dorea, C. C. Effects of Temperature and pH on Reduction of Bacteria in a Point-of-Use Drinking Water Treatment Product for Emergency Relief. **Appl Environ Microbiol.**, v. 79, p. 2107-2109, 2013. DOI: 10.1128/AEM.03696-12.

Mathews, K. H.; Bernstein, J.; Buzby, J. C. **International Trade of Meat/Poultry Products and Food Safety Issues**, capítulo 4. In: Buzby, J. C. (Ed.) *International Trade and Food Safety Economic – Theory and Case Studies*. 2003. p. 48-73. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/33941/1/ae030838.pdf#page=54>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

Mattiello, S. P.; Drescher, G.; Barth Jr., V. C.; Ferreira, C. A. S.; Oliveira, S. D. Characterization of antimicrobial resistance in *Salmonella enterica* strains isolated from Brazilian poultry production. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 108, p. 1227-1238, 2015. DOI: 10.1007/s10482-015-0577-1.

McEvoy, J. M.; Doherty, A. M.; Sheridan, J. J.; Thomson-Carter, F. M.; Garvey, P.; McGuire, L.; Blair, I. S.; McDowell, D. A. The prevalence and spread of *Escherichia coli* O157:H7 at a commercial beef abattoir. **J Appl Microbiol.**, v. 95, p. 256-66, 2003.

Mead, G.; Lammerding, A. M.; Cox, N.; Doyle, M. P.; Humbert, F.; Kulikovskiy, A.; Panin A.; do Nascimento V. P.; Wierup, M. Scientific and technical factors affecting the setting of *Salmonella* criteria for raw poultry: a global perspective. **Journal of Food Protection**, v. 73, p. 1566-1590, 2010.

Mendonça, A. L. P. V. Métodos de avaliação de riscos. Contributo para a sua aplicabilidade no setor da construção civil. Universidade do Algarve / Faculdade de Ciências e Tecnologia. Dissertação... 2013. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/3670/1/Relat%C3%B3rio_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Riscos.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Mikcha, J. M. G. **Doenças Transmitidas por Alimentos**. Especialização em Microbiologia Aplicada Microbiologia de Alimentos. Laboratório de Microbiologia e Microscopia de Alimentos – UEM, 2009. Disponível em: <http://www.unioeste.br/cursos/cascavel/posmicrobiologia/aulas/dta_2009.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2016.

MLA – Meat & Livestock Australia (2004). Factors contributing to the microbiological contamination of beef carcasses. PRMS.048 Final Report. Disponível em: <<http://off-farm.mla.com.au/files/a44c9cc4-4906-465a-aff9-9fcd00bfd6c2/PRMS048-Final-Report.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

Morais, J. L. O. A Estrutura Normativa da Ética na Administração Pública Federal Brasileira. Escola de Administração Fazendária – ESAF. Brasília, 03 ago. Disponível em: <http://www.cnpq.br/web/guest/view/-/journal_content/56_INSTANCE_0oED/10157/42998>. Acesso em: 09 jan. 2016.

Moricochi, L.; Peetz, V. S.; Bueno, C. R. F.; Anjos, A. C. Uma reflexão sobre a indústria de carne bovina no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 25, p. 61-67, 1995. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/ie/1995/ie-0695t1.pdf>>. Acesso em 08 dez. 2015.

Murano, E. (2016). *Evaluating the Inspection System/Ensuring Meat Safety*. Frontline – modern meat. Undersecretary of food safety, USDA. Disponível em: <<http://www.pbs.org/wgbh/pages/frontline/shows/meat/>>. Acesso em: 11 fev. 2016.

Musso, D.; Nilles, E. J.; Cao-Lormeau, V.-M. Rapid spread of emerging Zika virus in the Pacific area. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 20, p. O595–O596, 2014. DOI: 10.1111/1469-0691.12707.

NACMCF – National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods. Generic HACCP application in broiler slaughter and processing. **Journal of Food Protection**, v. 60, p. 579-604, 1997.

NRC – National Research Council. Subcommittee on Microbiological Criteria. **An Evaluation of the Role of Microbiological Criteria for Foods and Food Ingredients**. Washington (DC): National Academies Press (US), 1985. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216682/>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

Oliveira, S. D.; Flores, F. S.; Santos, L. R.; Brandelli, A. Antimicrobial resistance in *Salmonella enteritidis* strains isolated from broiler carcasses, food, human and poultry-related samples. **International Journal of Food Microbiology**, v. 97, p. 297-305, 2005.

Ollinger, M. (2011). Structural Change in the Meat and Poultry Industry and Food Safety Regulations. *Agribusiness* 27: 244-257. DOI: 10.1002/agr.20258.

OPAS/ANVISA – Organização Pan-Americana da Saúde, Organização Mundial da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2006). *Codex Alimentarius – Higiene dos Alimentos Textos Básicos*. 64p. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/alimentos/codex_alimentarius.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2016.

Pedroso, E. K. *O processo de certificação na cadeia de carne bovina*. Congresso Brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC. Associação Brasileira de Zootecnistas. 2009. 14p. Disponível em: <<http://www.abz.org.br/>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

PHAC – Public Health Agency of Canada. **Pathogen Safety Data Sheets and Risk Assessment**. Disponível em: <<http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-eng.php>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

Pignatti, M. G. Saúde e ambiente: as doenças emergentes no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. VII, p. 133-147, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/asoc/v7n1/23540.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

Pitelli, M. M., Moraes, M. A. F. D. (2006). Análise do impacto das variações institucionais européias sobre a governança do sistema agroindustrial brasileiro da carne bovina. *RER* **44**: 027-046.

Rantsios, A. T. New Approaches in Inspection and Control of Safety and Quality of Meat Products. *Tehnologija mesa* **48**: 29-35.

Redemann, R. Basic Elements of Effective Food Plant Cleaning and Sanitizing. **Food safety magazine**, v. 11, April/May 2005. Disponível em: <<http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/aprilmay-2005/>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

Redmond, E. C.; Griffith, C. J. Consumer Food Handling in the Home: A Review of Food Safety Studies. **Journal of Food Protection**, v. 66, p. 130-161, 2003.

Redmond, E. C.; Griffith, C. J. Consumer perceptions of food safety risk, control and responsibility. **Appetite**, v. 43, p. 309-313, 2004. DOI: 10.1016/j.appet.2004.05.003.

Ribeiro-Furtini, L. L.; Abreu, L. R. Utilização de APPCC na indústria de alimentos. **Ciênc. agrotec.** v. 30, p. 358-363, 2006.

Roberts, T. A. R., Dainty, H. The influence of intrinsic factors on microorganisms in food. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 45, p. 158-159, 1979.

Roe, B. Optimal sharing of foodborne illness prevention between consumers and industry: the effect of regulation and liability. **Amer. J. Agr. Econ.**, v. 86, p. 359-374, 2004.

Rose, N., Beaudeaub, F., Drouina, P., Touxa, J. Y., Rosea, V., Colin, P. (1999). Risk factors for *Salmonella* enterica subsp. enterica contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period. *Preventive Veterinary Medicine* **39**: 265-277. DOI: 10.1016/S0167-5877(99)00002-1.

Salvat, G.; Colin, P. Cleaning and disinfection practice in the meat industries of Europe. **Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.**, v. 14, p. 329-341, 1995. Disponível em: <<http://www.oie.int/doc/ged/D8951.PDF>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

Scharff, R. L. Economic burden from health losses due to foodborne illness in the United States. **Journal of Food Protection**, v. 75, p. 123-131, 2012. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-11-058.

Schlegelová, J., Babák, V., Holasová, M., Konstantinová, L., Necidová, L., Šišák, F., Vlková, H., Roubal, P., Jaglic, Z., 2010. Microbial Contamination after Sanitation of Food Contact Surfaces in Dairy and Meat Processing Plants. *Czech J. Food Sci.* **28**: 450-461.

Sieliechi, J.-M.; Kayem, G.J.; Sandu, I. Effect of Water Treatment Residuals (Aluminum and Iron Ions) on Human Health and Drinking Water Distribution Systems. **International Journal of Conservation Science**, v. 1, p. 175-182, 2010.

Silagyi, K.; Kim, S.-H.; Lo, H. M.; Wei, C.-i. Production of biofilm and quorum sensing by *Escherichia coli* O157:H7 and its transfer from contact surfaces to meat, poultry, ready-to-eat deli, and produce products. **Food Microbiology**, v. 26, p. 514-519, 2009. DOI: 10.1016/j.fm.2009.03.004.

Silveira, J. G. **Investigação de *Listeria* sp. e microorganismos mesófilos totais em carcaças bovinas e em ambiente industrial de abatedouro**. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/28738>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

Spers, E. E. Mecanismos da regulação da qualidade e segurança em alimentos. *Tese*. Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-17032004-004201/pt-br.php>>. Acesso em: 12 dez. 2015.

Sumner, J., Raven, G., Givney, R. Have changes to meat and poultry food safety regulation in Australia affected the prevalence of *Salmonella* or of salmonellosis? **International Journal of Food Microbiology**, v. 92, p. 199-205, 2004. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2003.10.003.

Todd, E. C. Epidemiology of foodborne diseases: a worldwide review. **World health statistics quarterly**, v. 50, p. 30-50, 1997.

Tondo, E. C.; Bartz, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos**. Porto Alegre: Sulina, 2011. 263p.

Tondo, E. C.; Ritter, A. C.; Casarin, L. S. **Involvement in foodborne outbreaks, risk factors and options to control *Salmonella enteritidis* SE86**: an important food pathogen in Southern Brasil, Chapter 4. In: Hackett, C. B. (Ed.) *Salmonella*. Nova Science Publishers: 2015. P. 65-77.

Trienekens, J.; Zuurbier, P. Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. **International Journal of Production Economics**, v. 113, p. 107-122, 2008. DOI: 10.1016/j.ijpe.2007.02.050.

UN – United Nations. General Assembly. **Report of the Special Rapporteur on the human right to safe drinking water and sanitation, Catarina de Albuquerque**. A/HRC/24/44. 11 July 2013. Disponível em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml>. Acesso em> 07 fev. 2016.

UN – United Nations. General Assembly. **The human right to safe drinking water and sanitation.** Resolution adopted by the Human Rights Council - A/HRC/RES/18/1. 12 October 2011. Disponível em: <<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/HRC/RES/18/1&lang=E>>. Acesso em: 07 fev. 2016.

UOL – Universo Online. **Com arroz e frango crus, "MasterChef" tem três participantes eliminadas.** São Paulo, 03 jun. 2015. Disponível em: <<http://televisao.uol.com.br/noticias/redacao/2015/06/03/com-arroz-e-frango-crus-masterchef-tem-tres-participantes-eliminadas.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

USDA – United States Department of Agriculture – Foreign Agricultural Service. (2015). Beef and Veal Selected Countries Summary/ Broiler Meat Selected Countries Summary / Pork Selected Countries Summary. <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx> .

USDA – United States Department of Agriculture. Animal Welfare Act and Animal Welfare Regulations. 2013. Disponível em: <<https://awic.nal.usda.gov/government-and-professional-resources/federal-laws/animal-welfare-act>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

USDA – United States Department of Agriculture. Code of Federal Regulations. Animal and Animal Products. 9. Part 200-end. Special Edition of the Federal Register. Food Safety and Inspection Service, (Meat, Poultry), USDA, 1997.

USDA – United States Department of Agriculture. Understanding Microbiological Sampling and Testing. FSIS, 2014. EIAO Education Program. Disponível em: <<http://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/inspection/workforce-training/regional-on-site-training/eiao-training>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

UVB – Universidade Virtual Brasileira. Gerenciamento do risco em projetos, aula 8. Administração de Projetos, 2016. Disponível em: <http://unip.moraes.org/4semestre/gerencia_projetos_ti/material_professor/aula08.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2016.

WHO – World Health Organization. **Aluminium in Drinking-water.** Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 2003, 14p. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en/aluminium.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2015.

Zamberlan, L.; Sparemberger, A.; Büttnebender, P. L.; Wagner, A.; Zamin, M. As Atitudes do Consumidor de Carne: um Estudo Exploratório das Percepções e o Papel da Cultura no Consumo. Encontro da ANPAD, 32. **Anais...** Rio de Janeiro, 6-10 set. 2008. Disponível em: <<http://www.anpad.org.br/admin/pdf/GCT-D2718.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2016.