



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE ANIMAL E SAÚDE PÚBLICA NOS
TRÓPICOS

Ângela Borges Pinheiro Silva Fernandes

Efeito do resfriamento por imersão na qualidade e segurança microbiológica da carcaça de
frango

Araguaína/TO

2025

Ângela Borges Pinheiro Silva Fernandes

Efeito do resfriamento por imersão na qualidade e segurança microbiológica da carcaça de
frango

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Agrárias (CCA), como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Bruna Alexandrino

Co-orientador: Prof. Dr. José Carlos Ribeiro Júnior

Araguaína/TO

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade
Federal do Norte do Tocantins – SIBi/ UFNT**

Universidade Federal do Norte do Tocantins, Sistemas de Bibliotecas

Fernandes, Ângela Borges Pinheiro Silva. Efeito do resfriamento por imersão na qualidade microbiológica do frango. / Ângela Borges Pinheiro Silva Fernandes – Araguaína, TO, 2024.

00f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal do Norte do Tocantins – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia – Curso de pós-graduação (Mestrado) em Sanidade animal e saúde pública nos trópicos, 2024.

Orientadora: Bruna Alexandrino

Coorientador: José Carlos Ribeiro Júnior

1. abate de aves. 2. fraude. 3. microbiologia de alimentos. 4. Qualidade da carne de aves. 5. Tecnologia de alimentos I. título

ORCID dos pesquisadores

Orientadora: Bruna Alexandrino, 0000-0002-7607-5100

Orientando: Ângela Borges Pinheiro Silva Fernandes, 0009-0000-5335-4062

Co-orientador: José Carlos Ribeiro Junior, 0000-0002-3272-4375

Ângela Borges Pinheiro Silva Fernandes

Efeito do resfriamento por imersão na qualidade e segurança microbiológica da carcaça de frango

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Agrárias (CCA), como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Sanidade Animal e Saúde Pública nos Trópicos.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Bruna Alexandrino
Co-orientador: Prof. Dr. José Carlos Ribeiro Júnior

Data de aprovação: 13/03/2025

Banca examinadora:

Prof.^a. Dra. Bruna Alexandrino - Orientadora (UFNT)

Prof.^a. Dra. Cátia Maria De Oliveira Lobo – Membro Interno (UFNT)

Prof.^a. Dra. Fernanda de Rezende Pinto (UFPel)

AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente a Deus por alicerçar os meus dias pautados em fé e gratidão e por me conceder a força necessária para enfrentar os desafios que surgem. Sou eternamente grata pelas lições aprendidas em cada dificuldade, que me tornaram mais forte e mais resiliente.

Obrigada senhor, pelas oportunidades de crescimento e pelas pessoas maravilhosas que colocou em meu caminho, que iluminaram minha jornada com amor e amizade. Também agradeço pelas pequenas alegrias do dia a dia, que muitas vezes passaram despercebidas, mas que foram verdadeiros presentes.

Que eu nunca esqueça de viver com gratidão, reconhecendo que cada momento é uma dádiva. Que minha fé continue a ser meu alicerce, guiando-me em direção a um futuro cheio de esperança e propósito.

Agradeço imensamente ao meu Co-orientador professor Dr. José Carlos Ribeiro Júnior pelo incentivo e apoio no início desta jornada. Sua confiança e orientação foram fundamentais para que eu tivesse coragem de dar os primeiros passos e acreditar no meu potencial.

Gostaria de expressar também minha sincera gratidão a minha orientadora professora Dra. Bruna Alexandrino pela orientação, apoio e dedicação ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Suas contribuições valiosas, sugestões precisas e paciência foram fundamentais para a realização deste projeto. Não ansiamos apenas pelo conhecimento transmitido, mas também pela confiança, incentivo e motivação nos momentos mais solicitados. Seu comprometimento e paixão pela pesquisa sempre foram uma fonte de inspiração e eu sou imensamente grata por ter tido a oportunidade de aprender com os seus ensinamentos.

*“O entusiasmo é a maior força da alma.
Conserva-o e nunca te faltará poder para
conseguires o que desejas.”*

(Napoleon Hill)

RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor e maior exportador de carne de aves do mundo. Pesquisas laboratoriais desempenham um importante papel em gerar novas técnicas e tecnologias para a obtenção de um produto de qualidade e inócuo para o consumo humano. Considerando a tecnologia do processo produtivo, em que o resfriamento por imersão das carcaças em água e gelo é uma etapa fundamental sob o ponto de vista de qualidade da carne, é fundamental que essa etapa seja monitorada para evitar a disseminação de patógenos e preservação da qualidade microbiológica. O objetivo do presente trabalho foi determinar a influência do pré-resfriamento e gotejamento na quantificação de grupos de microrganismos e na ocorrência de patógenos em carcaças de frangos produzidos e abatidos na região norte do Brasil, avaliando também a contaminação da água dos estágios dos sistemas de pré-resfriamento por imersão e a sua influência no peso e na temperatura das carcaças. O estudo foi realizado em um abatedouro frigorífico de aves da região norte do Tocantins. Foram avaliadas um total de 72 amostras de carcaças de frango e 9 amostras de água. Utilizando de amostragens superficiais delimitadas em 100 cm² da região do peito, foram quantificados grupos de microrganismos indicadores e pesquisada a ocorrência de *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* diarreio gênica (não-157) e *Staphylococcus aureus* com potencial enterotoxigênico, em três momentos, antes de entrarem no sistema de resfriamento, após o resfriamento por imersão e depois do gotejamento. A imersão das carcaças na água à 9,5 ($\pm 2,89$) e 2,33 ($\pm 1,30$) °C no primeiro e segundo estágio, foi suficiente para a redução significativa da temperatura das carcaças à 5,70 e 7,41°C na saída do sistema e após o gotejamento, respectivamente. O resfriamento por imersão reduziu de forma significativa ($p < 0.05$) as contagens totais, de enterobactérias, coliformes totais e *E. coli*. A transferência de contaminação das carcaças para a água elevou as contagens da água do sistema para até 3,76 log UFC/ml para psicrotróficos. A ocorrência de *Salmonella* spp. foi identificada em 100% das carcaças avaliadas, e na água do primeiro e do segundo estágio do resfriamento. Patótipos de *E. coli* diarreio gênica, principalmente EPEC atípica e STEC e *S. aureus* com potencial enterotoxigênico apresentaram grande ocorrência nas carcaças mesmo antes da entrada nos sistemas de pré-resfriamento por imersão, que não foi suficiente para a ausentar a ocorrência de nenhum patógeno pesquisado. Apesar do efeito significativo na quantificação de indicadores microbiológicos durante o resfriamento por imersão, a alta ocorrência de patógenos distintos fundamenta a necessidade de revisão de procedimentos e técnicas não só nos abatedouros, mas em toda a cadeia produtiva, atuando de forma integrada para proporcionar biossegurança e redução de riscos ao consumo da carne de frangos.

Palavras-chave: Abate de aves. Fraude. Microbiologia de alimentos. Qualidade da carne de aves. Tecnologia de alimentos.

ABSTRACT

*Brazil is the second largest producer and largest exporter of poultry meat in the world. Laboratory research plays an important role in generating new techniques and technologies to obtain a quality product that is safe for human consumption. Considering the technology of the production process, in which cooling by immersing carcasses in water and ice is a fundamental stage from the point of view of meat quality, it is essential that this stage is monitored to prevent the spread of pathogens and preserve microbiological quality. The aim of this study was to determine the influence of pre-cooling and dripping on the quantification of groups of microorganisms and the occurrence of pathogens in chicken carcasses produced and slaughtered in the tropical region of Brazil, as well as evaluating the contamination of the water in the stages of the immersion pre-cooling systems and its influence on the weight and temperature of the carcasses. The study was carried out in a poultry slaughterhouse in the northern region of Tocantins. A total of 72 chicken carcass samples and 9 water samples were evaluated. Using surface samples delimited in 100 cm² of the breast region, groups of indicator microorganisms were quantified and the occurrence of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, diarrheogenic *Escherichia coli* (non-157) and *Staphylococcus aureus* with enterotoxigenic potential were investigated at three different times, before and after immersion cooling and chilling. Immersing the carcasses in water at 9.5 (± 2.89) and 2.33 (± 1.30) °C in the first and second stages was enough to significantly reduce the temperature of the carcasses to 5.70 and 7.41 °C at the exit of the system and after the drip, respectively. Immersion cooling significantly reduced ($p < 0.05$) the total, enterobacteria, total coliform and *E. coli* counts. Contamination increased the counts in the system water up to 3.76 log CFU/ml for psychrotrophs. The occurrence of *Salmonella* spp. was identified in 100% of the carcasses evaluated and in the water from the first and second cooling stages. Pathotypes of diarrheogenic *E. coli*, mainly atypical EPEC and STEC, and *S. aureus* with enterotoxigenic potential were found in the carcasses even before they entered the immersion pre-cooling systems, which was not enough to prevent the occurrence of any of the pathogens investigated. Despite the significant effect on the quantification of microbiological indicators during immersion cooling, the high occurrence of distinct pathogens underpins the need to review procedures and techniques not only in slaughterhouses, but throughout the entire production chain, acting in an integrated manner to provide biosecurity and reduce the risks to the consumption of chicken meat.*

Keywords: Food microbiology. Food technology. Fraud. Poultry slaughter. Poultry meat quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mediana (quartis 25-75) do peso e temperatura de carcaças de frangos antes e depois do pré-resfriamento por imersão e após 3 minutos de gotejamento.....	34
Tabela 2. Medianas (quartis 25-75) de grupos de microrganismos indicadores da qualidade microbiológica de carcaças de frango antes e depois do pré-resfriamento por imersão e após o gotejamento.....	35
Tabela 3. Medianas (quartis 25-75) de grupos de microrganismos indicadores da qualidade microbiológica da água de entrada e em cada estágio do sistema de pré-resfriamento por imersão.....	38
Tabela 4. Detecção de patógenos em amostras de carcaças de frangos pré e pós resfriamento por imersão, após o gotejamento e na água do primeiro e segundo estágios do sistema de pré-resfriamento por imersão.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de abate de aves, classificado em área suja e área limpa.....	16
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Grau Celsius
ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
UFC	Unidade Formadora de Colônias
DEC	Diarreiogênica
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DTA's	Doenças Transmitidas por Alimentos
<i>E. COLI</i>	<i>Escherichia Coli</i>
EAEC	<i>E. Coli</i> Enteroagregativa
EC	Compact Dry EC – Coliformes e <i>E. Coli</i>
EHEC	<i>E. Coli</i> Enterohemorrágica
EIEC	<i>E. Coli</i> Enteroinvasiva
EPEC	<i>E. Coli</i> Enteropatogênica
ETB	Compact Dry ETB – Enterobactérias
ETEC	<i>E. Coli</i> Enterotoxigênica
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PCC	Ponto Crítico de Controle
PCR	Reação em Cadeia da Polimerase
PPM	Partes por milhão
PSO	Procedimentos Sanitários Operacionais
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal
<i>S. AUREUS</i>	<i>Staphylococcus Aureus</i>
SIE/TO	Serviço de Inspeção Estadual do Tocantins
STEC	<i>E. Coli</i> Produtora de Toxina Shiga
TC	Compact Dry TC – Bactérias Totais
TGI	Trato Gastrointestinal
XSA	Compact Dry XSA – <i>Staphylococcus Aureus</i>

SUMÁRIO

1 CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1.3.1 Produção de aves no Brasil	15
1.3.2 Abate de aves.....	15
1.3.3 Principais microrganismos isolados de carcaças de frango.....	19
1.3.4 Controle da contaminação microbiológica das carcaças	21
1.3.5 Legislação sobre comercialização das carcaças	22
REFERÊNCIAS	24
2 CAPÍTULO II - ARTIGO.....	29
2.1 INTRODUÇÃO.....	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.2.1 Delineamento.....	31
2.2.2 Amostragem de carcaças.....	32
2.2.3 Amostragem da água dos sistemas de pré-resfriamento por imersão	32
2.2.4 Contagem de grupos de microrganismos	32
2.2.5 Detecção de patógenos.....	33
2.2.6 Análise molecular.....	33
2.2.7 Análise estatística.....	34
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
2.3.1 Influência do pré-resfriamento no peso e temperatura das carcaças	34
2.3.2 Qualidade microbiológica das carcaças.....	35
2.3.3 Qualidade microbiológica da água.....	38
2.3.4 Ocorrência de patógenos.....	39
2.4 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	44
3 CAPÍTULO III – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49

1 CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um grande produtor de frango, sendo considerado o segundo maior criador no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, porém assume a primeira colocação no ranking de exportação (Talamini; Martins, 2022). Em 2023, o Brasil produziu 14,8 milhões de toneladas de carne de frango e o consumo per capta foi de 45,1kg (ABPA, 2024).

O abate de aves no país é regulamentado em conformidade ao descrito no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA) e também no Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de carne de aves (Brasil, 1998). Nas normas destes regimentos estão estabelecidas todas as diretrizes necessárias para garantir um produto de qualidade no final do processo, descrevendo todas as etapas como: insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, pré-resfriamento, resfriamento, gotejamento, classificação, embalagem, tempo de armazenamento (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007).

A utilização de água para o resfriamento de carcaça de frangos é um método comum na indústria, cujo o objetivo é garantir a qualidade, a segurança e um maior tempo de conservação desses alimentos, mediante a diminuição da velocidade das reações bioquímicas e do crescimento de microrganismos pelo processo de resfriamento (Carciofi; Laurindo, 2010).

As aves saudáveis chegam aos abatedouros carregando milhões de bactérias tanto externamente quanto internamente (Cason *et al.*, 2004). Além disso, as carcaças podem ser contaminadas por contato com fômites, vísceras, equipamentos, manipulação e água da escaldagem (Cason *et al.*, 2000). Microrganismos como *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* e *Listeria monocytogenes*, podem ser isolados nesses alimentos, fazendo com que a avaliação microbiológica seja indispensável para definir a sua qualidade e segurança (Oliveira *et al.*, 2016).

A regulamentação brasileira, de acordo com a Instrução Normativa nº 161 de 2022 estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos e para carnes de aves crus deve ter ausência de *Salmonella Enteritidis* e *Salmonella Typhimurium*, e limita a quantidade de *E. coli* ($5,3 \times 10^3$ /g) e aeróbios mesófilos ($5,3 \times 10^6$) (Brasil, 2022a). No entanto, essa normativa foi alterada pela IN nº 313, de 4 de setembro de 2024 que traz mudanças importantes para os Programas de Autocontrole (PACs) exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As alterações são inclusão de parágrafo único no artigo 1º, não serão aplicados os padrões microbiológicos para alimentos acabados que mostram deterioração e

alteração em suas características, pois são considerados impróprios; e, alterações nas categorias 5 e 6 do Anexo I, deixando assim de pesquisar os parâmetros de aeróbios mesófilos; revogação do parágrafo único do artigo 7º e revogação do Anexo IV (Brasil, 2024). Diante disso, para garantir a conformidade com os novos padrões, profissionais de controle de qualidade devem revisar as mudanças e adaptar os processos de monitoramento microbiológico de acordo com a IN normativa em vigência.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o efeito do sistema de resfriamento por imersão na qualidade microbiológica da carne de frango e também na água do sistema de pré-resfriamento com vistas na segurança alimentar e vida útil dos produtos, assegurando a qualidade dos produtos destinados ao consumo humano.

1.2.2 Objetivos específicos

- Quantificar microrganismos indicadores da qualidade microbiológica como aeróbios mesófilos, psicrotróficos, coliformes a 30°C, *Escherichia coli*, enterobactérias e *Staphylococcus* spp. em carcaça de frango e da água do sistema de resfriamento por imersão das carcaças;
- Identificar microrganismos patogênicos à saúde humana, como *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, e *Staphylococcus* coagulase positivo em carcaças de frango e da água do sistema de resfriamento das carcaças;
- Verificar fatores de virulência específicos em patógenos bacterianos por abordagem molecular;
- Identificar pontos críticos de controle afim de prevenir ou reduzir a limites aceitáveis possíveis contaminações;
- Analisar o controle do índice de absorção de água pelas carcaças de aves submetidas ao pré-resfriamento por imersão em água, dentro do limite permitido.

1.3 REVISÃO DE LITERATURA

1.3.1 Produção de aves no Brasil

Hodiernamente a avicultura é um dos pilares do agronegócio no Brasil e seu desenvolvimento pode ser visto como um marco no crescimento e na modernização do setor tendo em vista que os lotes de frangos ficam prontos para o abate em menos de 50 dias (Pinheiro; Santos; Pasa, 2020). Em função do curto espaço de tempo em que os lotes alcançam a idade de abate, muitos consumidores ainda associam esse desenvolvimento ao uso de hormônios (Scheuermann *et al.*, 2015). Todavia, ao longo da história da avicultura é possível observar que essa eficiência revela um aperfeiçoamento genético, nutricional, tecnológico e sanitário (Pessôa *et al.*, 2012).

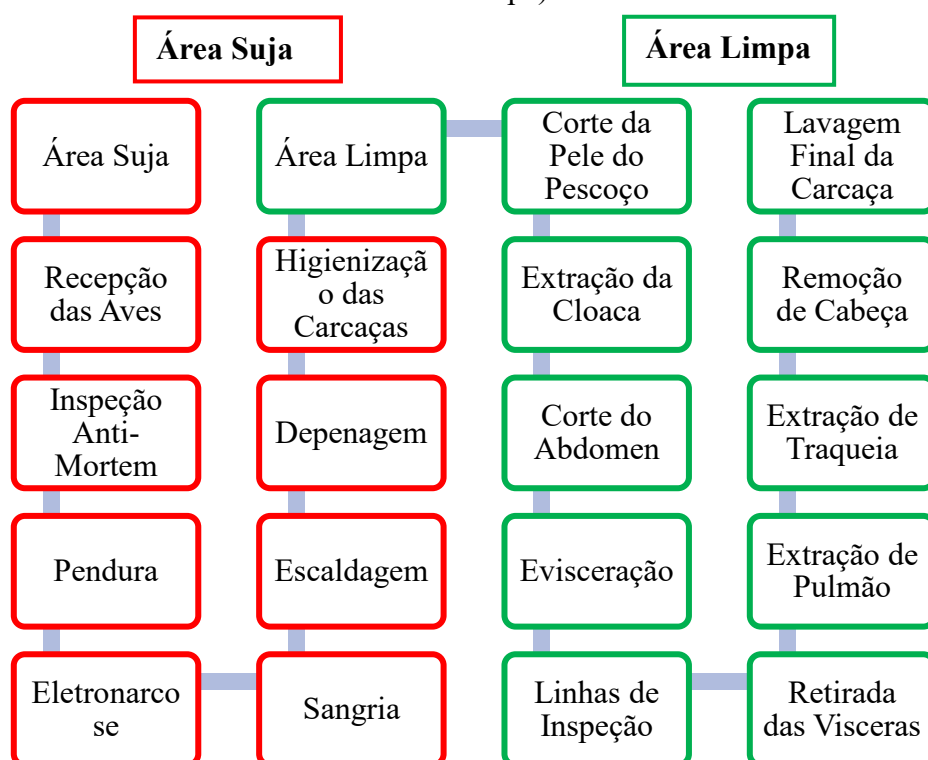
No contexto da evolução nutricional evidencia-se o uso de técnicas como nutrição de precisão, proteína ideal, divisão da alimentação dos animais em fases e a suplementação de aditivos como probióticos, enzimas e fitogênicos na alimentação das aves (Pessôa *et al.* 2012). Como resultado tem-se maior quantidade de músculo em um curto espaço de tempo, redução da mortalidade das aves e aumento na conversão alimentar significando uma menor ingestão de ração (Avisite, 2018).

O processo de produção da carne de frango traz consigo uma complexidade que vai desde pesquisas com seleção genética das espécies usadas, o tratamento e seu desenvolvimento até o transporte e abate desses animais, além disso o Brasil faz uso de tecnologias modernas chegando próximo aos padrões internacionais (Coelho; Domingues; Silva, 2021). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2024) a produção Brasileira de carne de frango em 2023 foi de 14,833 milhões de toneladas sendo que destas 780,1 mil toneladas foram produzidas no estado do Tocantins (ABPA, 2023). Cerca de 65,35% da produção da carne de frango é para abastecer o mercado interno, chegando ao consumo per capita de 45,1 kg por habitante.

1.3.2 Abate de aves

O processo de abate das aves é dividido em duas fases distintas: a área suja, que consiste nas etapas de chegada das aves, pendura, insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem e higienização; e a área limpa, com as etapas de corte da pele do pescoço, extração da cloaca, corte do abdômen, evisceração, linhas de inspeção, retirada das vísceras, extração do pulmão, extração da traqueia, remoção da cabeça e lavagem final da carcaça (Costa *et al.*, 2021; Machado, 2023).

Figura 1. Fluxograma de abate de aves indicado pelas cores vermelha (área suja) e verde (área limpa)



Fonte: Adaptado de Pes e Libardoni (2021).

O manejo pré-abate das aves inicia-se ainda nos aviários, com a retirada da ração mantendo o fornecimento de água (Ludtke; Costa, 2012), para que as aves entrem em jejum; por um período de até 12 horas até o momento do abate (Brasil, 2021). O intuito do jejum é esvaziar o sistema gastrointestinal, afim de reduzir a contaminação das carcaças no momento do abate (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007). A apanha das aves é feita manualmente, esta etapa é de suma importância devido a suscetibilidade das aves ao estresse que interfere no bem-estar das mesmas e consequentemente na qualidade do produto (Rodrigues *et al.*, 2016).

O abate de aves deve cumprir o que está determinado no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (Brasil, 2020) e no Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de carne de aves – Portaria 210 de aves (Brasil, 1998). Estas normas regularizam o processo de produção em todas as suas etapas levando em conta a uniformização dos processos de fabricação dos produtos de origem animal, concernente as instalações, equipamentos, limpeza do ambiente, plano de trabalho do serviço de inspeção, para o abate e industrialização da carne de aves (Brasil, 1998).

No frigorífico a pendura das aves é feita de forma manual por colaboradores. As caixas com as aves são movimentadas por esteiras, onde os colaboradores pegam as aves através dos pés de forma rápida e cuidadosa afim de evitar quaisquer lesão ou estresse e as penduram na nória (Demozzi, 2021).

Deve-se tomar o cuidado de manter o menor tempo entre a manobra de pendura e insensibilização, levando em conta o desconforto que pode ser sentido pelas aves devido à pressão de suas pernas com os ganchos (Ludtke; Costa, 2012). Aconselha-se que as aves fiquem penduradas pelo tempo máximo de 60 segundos antes de serem insensibilizadas (Brasil, 2021).

As aves devem ser insensibilizadas utilizando-se de preferência a eletronarcose, empregando-se uma cuba com água eletrificada (Brasil, 1998). As aves são mergulhadas de modo que a corrente elétrica corra sobre elas ocasionado assim a perda de consciência instantânea (Ludtke; Costa, 2012). A perda dos reflexos que são de interesse após a insensibilização são: reflexo do tronco cerebral, incluindo reflexos de luz, palpebrais, corneais e pupilares e reflexos espinhais como o reflexo pedal (Erasmus; Turner; Widowski, 2010). A morte da ave não deve ser provocada de forma nenhuma pela insensibilização (Brasil, 1998).

A sangria é realizada imediatamente após a insensibilização das aves e deve ocorrer no prazo máximo de 12 segundos, impedindo que o animal recupere a consciência. A técnica consiste na secção das artérias carótida e veias jugulares, para que a sangria ocorra de forma rápida e profusa, com duração de três minutos, provocando choque hipovolêmico e consequente morte da ave (Brasil, 1998; Demozzi, 2021). É de suma importância que a sangria seja efetuada por completo, para garantir que a carcaça se apresente de cor clara e uniforme (Tavernari; Albino; Araújo, 2012).

Imediatamente após a sangria, as aves passam por um processo de escaldagem, sob controle de tempo e temperatura adequadas às particularidades das aves, sendo proibida o ingresso de aves vivas neste processo conforme recomendado por Brasil (1998). O objetivo desta etapa é provocar a dilatação dos poros facilitando a depenagem e uma pré-lavagem das carcaças (Roça, 2021).

A escaldagem é feita através da submersão das aves em água agitada através do borbulho que é a injeção de ar na água, que deverá estar previamente aquecida a temperatura de 58 °C a 60 °C por aproximadamente 3 minutos para efetivar a abertura dos poros e promover a remoção das penas na etapa subsequente (Marostica, 2020).

A escaldagem deverá ser feita em tanque de material inoxidável, devendo este possuir técnica de controle de sua temperatura e constante renovação da água sendo totalmente renovado ao final de um turno de trabalho (Brasil, 1998). Mesmo com essa recomendação

devido à alta concentração de material orgânico poderá ocasionar contaminações das carcaças (Marostica, 2020). A depenagem é um processo caracterizado pela retirada das penas, com as aves penduradas pelos pés (Brasil, 1998), utilizando equipamento que possui dedos de borracha para não danificar as carcaças (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007).

A realização da depenagem pode ser finalizada de forma manual ou ainda com o emprego de ferramentas adequadas ao processo e as carcaças deverão ser higienizadas após o término da etapa (Brasil, 2020c). A lavagem das carcaças é realizada utilizando chuveiros de aspersão com pressão e sentido da água controlados de forma que toda a carcaça seja adequadamente lavada antes de entrarem no setor de evisceração, que é onde começa a chamada área limpa (Brasil, 1998).

A evisceração tem como finalidade a remoção das vísceras, devendo ser realizado com o cuidado para não suceder a disseminação de conteúdo intestinal, fecal e biliar sobre as carcaças, provocando assim a sua contaminação (Marostica, 2020). Deste modo deve-se ter precauções indispensáveis para impedir a ruptura das alças intestinais e o contato com superfícies contaminadas (Brasil, 1998).

As etapas que são executadas na evisceração procedem na seguinte ordem: corte da pele do pescoço e traqueia, extração de cloaca, abertura de abdômen, eventração, inspeção sanitária, retirada das vísceras, extração dos pulmões, retirada de papo, esôfago e traqueia logo em seguida é feita a lavagem final das carcaças (Brasil, 1998). Após a realização destas etapas, as carcaças vão na nória para o sistema de pré-resfriamento (Marostica, 2020).

Este sistema é uma etapa do processo de grande relevância, uma vez que sua finalidade é a redução da temperatura para diminuir a multiplicação dos microrganismos próprios das carcaças e assim melhorar a segurança alimentar e vida útil do produto (Rosa *et al.*, 2012). Conforme descrito por Brasil (1998), há várias maneiras de se realizar o resfriamento das carcaças, sendo eles: aspersão de água gelada, imersão em água gelada e por ar frio em câmaras frigoríficas.

O método mais difundido no Brasil é o resfriamento por imersão e tanques tipo rosca sem fim contendo água gelada com renovação contínua adicionado de gelo, havendo mais de um tanque resfriador a temperatura inicial deve ser de no máximo 16°C e a final de 4°C de modo que a temperatura das carcaças alcance 7°C ao final do sistema de pré-resfriamento (Brasil, 1998).

Quanto ao aspecto sanitário o sistema de resfriamento com ar é mais apropriado uma vez que produz carcaças com maior qualidade microbiológica. Em contrapartida o resfriamento por imersão pode gerar a contaminação cruzada das carcaças considerando que a água que

envolve as carcaças geralmente tem uma grande carga microbiana oriunda da própria ave. Por outro lado, o resfriamento com água demonstra ser mais eficiente termicamente além de mais econômico (Carciofi, 2005).

Logo em seguida ao processo de pré-resfriamento, as carcaças serão penduradas em nória, preferencialmente pelo pescoço, perna ou asa, por um período de aproximadamente três minutos, para que ocorra o escoamento da água em excesso na carcaça que foi absorvido na etapa anterior (Rosa *et al.*, 2012), ressaltando que ao final dessa etapa, as carcaças poderão apresentar aumento de peso de no máximo 8% em relação ao seu peso inicial (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007).

Seguindo o fluxo, logo após o resfriamento e o gotejamento as carcaças passam para a seção de cortes, onde serão classificadas e direcionadas para produto inteiro ou fracionado (Demoszi, 2021).

1.3.3 Principais microrganismos isolados de carcaças de frango

Como descrito anteriormente, as aves, desde as propriedades até adentrarem no frigorífico possuem milhões de microrganismos (Boscariol; Ramella, 2024). Durante as etapas do abate um dos objetivos é diminuir essa população e evitar que esses contaminantes estejam presentes nas carcaças. Os patógenos mais frequentemente encontrados são *Listeria monocytogenes*, *E. coli* patogênica, *Salmonella* spp., *S. aureus*, microrganismos deteriorantes como os aeróbios mesófilos e psicrotróficos (Moreno, 2006).

O grupo dos coliformes termotolerantes é um subgrupo da família *Enterobacteriaceae* que incluem 44 gêneros e 176 espécies de bactérias gram-negativas na forma de bastonetes retos, não esporogênicas, anaeróbias facultativas e oxidase negativo que são capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas, a 45°C. Sendo importante ressaltar que a *Escherichia coli* é o mais prevalente habitante comensal do trato gastrointestinal (TGI) de humanos e animais de sangue quente, contudo, também é um dos mais importantes patógenos causadores de doenças transmitidas por alimentos (DTA's), sendo assim, é o melhor indicador de contaminação fecal, ou seja, de condições higiênico-sanitárias deficientes (Mead, 1999; Allocati *et al.*, 2013).

A presença de *E. coli* nos alimentos crus é considerado como um indicador de contaminação fecal. Por isso, ela é utilizada como um microrganismo indicador da presença de patógenos na água e nos alimentos. As carnes são normalmente contaminadas por *E. coli* durante os processos de abate (Eyi; Arslan, 2012). Vale ressaltar que algumas *E. coli* podem não apresentar genes de virulência, dessa forma não causando patogenia no hospedeiro, porém

outras podem ter até seis genes de virulência que são a *E. coli* enteropatogênica (EPEC), enteroagregativa (EAEC), enterotoxigênica (ETEC), enterohemorrágica (EHEC), enteroinvasiva (EIEC) e produtora de toxina shiga (STEC), as quais as categorias são definidas por meio dos fatores de virulência (Aranda, Fagundes-Neto e Scaletsky 2004). A *STEC* possui muitos subtipos que constituem o grupo, o mais comum é a *E. coli* EHEC, este expressa simultaneamente os genes *stx* e *eae* (Bryan; Youngster; Mcadam, 2015). Em síntese, sabe-se que esses microrganismos possuem sua principal fonte de contaminação em alimentos de origem animal e vegetal, em especial crus ou mal-cozidos e água não tratada (Forsythe, 2013).

O gênero *Salmonella* pertence à família *Enterobacteriaceae*, e é caracterizada por ser um bastonete gram-negativo, não formador de esporo, anaeróbio facultativo, ubíquo no meio ambiente, sendo abundante no trato intestinal de diferentes animais. Este gênero possui duas espécies: *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori*. Sendo que a *S. enterica* possui seis subespécies: *S. enterica*, *S. arizonae*, *S. diarizonae*, *S. houtenae*, *S. indica* e *S. salamae*. São mais de 2600 sorotipos já documentados, sendo que cerca de 1600 desses sorotipos pertencem à subespécie *enterica*, que é a maior causadora de infecções alimentares em humanos, provocando quadros de gastroenterites e febre (Chen *et al.*, 2020; Oludairo *et al.*, 2022).

O processo de transmissão desse gênero de bactéria entre as aves pode ocorrer pelas vias: horizontal ou vertical e a bactéria facilmente contamina os ovos ou a carne de tais animais durante o processo produtivo. Embora a maior incidência seja verificada na carne de aves, os ovos são a principal fonte de salmonelose aos humanos (Antunes *et al.*, 2016).

Outro gênero de grande importância é a *Listeria monocytogenes*, uma bactéria gram-positiva pertencente à família *Listeriaceae*, que cresce na presença ou na ausência de oxigênio (anaeróbia facultativa), catalase positiva e que se desenvolve intracelularmente. Essa bactéria tem o formato de pequenos bastonetes, não forma esporos e possui flagelos peritríquios. É o agente causal da listeriose, infecção rara, porém severa, cuja taxa de fatalidade pode atingir 20% na população humana. A listeriose é quase exclusivamente transmitida pelo consumo de alimentos contaminados e os alimentos prontos para consumo são muito associados a *L. monocytogenes*, pois são conservados por longos períodos em refrigeração, nesse período esse microrganismo pode desenvolver-se devido ao seu caráter psicrotrófico (Ferreira *et al.*, 2018).

Ademais, a *Listeria monocytogenes* é um importante patógeno na cadeia de produção da carne de frango que deve ser monitorado na rotina da fiscalização e inspeção, pois é um microrganismo que possui habilidade de formar biofilmes e de se propagar facilmente dentro de uma indústria (Menezes *et al.*, 2018).

1.3.4 Controle da contaminação microbiológica das carcaças

As carcaças de frango de corte geralmente apresentam elevada carga microbiana aderida à pele e ao trato gastrointestinal, propiciando a ocorrência de contaminação cruzada em diferentes etapas do processo produtivo. Com o intuito de diminuir esse risco e assegurar a inocuidade dos produtos destinados ao consumo humano, tem-se observado um crescente desenvolvimento e implementação de novas estratégias de controle de qualidade em toda a cadeia produtiva avícola, com ênfase para o setor industrial (Rodrigues *et al.*, 2008).

Diante disso, a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) surge como uma ferramenta de gestão de segurança alimentar imprescindível no processo de abate de frangos. A metodologia APPCC promove a realização de uma avaliação sistemática e contínua da qualidade dos produtos, abrangendo todas as etapas do processo produtivo, desde a produção primária até o produto final (Rodrigues *et al.*, 2008; Boscariol; Ramella, 2024).

Essa metodologia (APPCC) fundamenta-se em sete princípios essenciais, sendo eles: realizar análise de perigo de cada local do abatedouro-frigorífico, identificar pontos críticos de controle, definir medidas corretivas para cada ponto crítico identificado, implementar um sistema de monitoramento dos pontos críticos de controle, definir medidas corretivas, estabelecer a metodologia para verificação do sistema, verificar e manter todos os registros de controle arquivados (Zimpel; Salazar, 2014).

Ademais, esse sistema é fundamental para garantir a segurança dos alimentos, pois baseia-se na identificação e controle de perigos químicos, físicos e biológicos que possam estar presentes durante o processo de produção. Além disso, estabelece limites críticos nos pontos mais vulneráveis do processo produtivo, implementando programas e procedimentos que permitem um controle rigoroso em todas as etapas. A execução eficaz da APPCC também contribui para melhorias contínua dos processos produtivos, promovendo a inovação e a adoção de melhores práticas na indústria alimentícia. Dessa maneira, o sistema não apenas protege a saúde dos consumidores, mas também fortalece a competitividade e a reputação das empresas no mercado (Feiten, 2021).

Visando a prevenção e controle da contaminação nos produtos de aves, tem se inserido medidas de biosseguridade durante a criação dos animais e o uso de programas de autocontrole dentro das indústrias, que vão monitorar os pontos críticos de controle (PCC), pois embora os processos sejam muito bem controlados ainda pode haver falhas sendo importante o controle de patógenos ainda no núcleo de criação (Hachiya *et al.*, 2020).

Brasil (1998) descreve várias etapas com o intuito de evitar a contaminação de toda e qualquer parte da carcaça que seja destinada para a alimentação humana, sendo elas: os

chuveiros que fazem a lavagem das carcaças antes de adentrarem na área limpa, que devem estar em pleno funcionamento; as pistolas de cloaca devem ser usadas por colaboradores treinados evitando assim a ruptura do intestino, e é importante que estas pistolas tenham sistema de autolavagens; o corte abdominal deve ser preciso, pois nesta etapa ocorrem grande parte das contaminações se houver cortes no intestino; recomenda ainda que não seja feita a higienização do piso com a utilização de mangueiras quando estiver carcaças penduradas na nória, pois os respingos podem contaminar as carcaças. Ressalta ainda que é imprescindível que cada colaborador execute de forma sistemática os cuidados higiênicos com lavagens de mãos e desinfecção de utensílios como facas e chairas durante a manipulação dos produtos (Brasil, 1998).

A realização dos procedimentos de higiene deve ser feita frequentemente ou sempre que se julgar necessário, levando em consideração que cada setor industrial tem sua particularidade que precisa ser respeitada, para assim diminuir a contaminação dos produtos de origem animal (Brasil, 2020).

1.3.5 Legislação sobre comercialização das carcaças

A partir de 1950 foi estabelecido no Brasil a obrigação da fiscalização dos estabelecimentos que produzam produtos de origem animal, amparados pela Lei nº 1.283, exercido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), para produtos destinados ao mercado interno e mercado externo (Brasil, 1950; Magioli, 2017). É determinado a imprescindibilidade da fiscalização antecipada, sob a perspectiva industrial e sanitária, de todos os produtos de origem animal, sejam eles comestíveis e não comestíveis, misturados ou não de produtos vegetais, processados, modificados, manipulados, recebidos, armazenados e em trânsito (Brasil, 1950).

Fica proibido o funcionamento de quaisquer estabelecimentos industriais ou ainda entreposto de produtos de origem animal, que não estejam precedentemente registrados nos órgãos competentes para fins de fiscalização da sua atividade na forma da lei (Brasil, 1989), sendo importante ressaltar que a produção de produtos de qualidade e que são apropriadas ao consumo é de total responsabilidade dos seus produtores, ficando a cargo da fiscalização o dever de avaliar as condições de produção, e assim liberando a comercialização dos produtos favoráveis e impedindo o comércio dos produtos impróprios ao consumo além de punir os casos que sejam necessários (Magioli, 2017).

A fiscalização em abatedouros frigorífico de aves tem caráter permanente devendo este realizar a inspeção *ante e post mortem* dos animais que serão abatidos além dos métodos de

inspeção convencional e também de autocontrole de acordo com o artigo 11 do decreto 9.013, de 2017 (BRASIL, 2021)

Na regulamentação da Instrução Normativa nº161, de 2022, estabelece os padrões microbiológicos para a comercialização de alimentos incluindo neste a carne de aves, garantindo qualidade e segurança alimentar. Para a carne de aves crus os padrões estabelecidos são ausência de *Salmonella* para a pesquisa em 25g de produto, além de estabelecer limites para a pesquisa de *Escherichia coli* ($5,3 \times 10^3/\text{g}$) e contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos ($5,3 \times 10^6/\text{g}$) (Brasil, 2022). Em setembro de 2024 foi instituída a IN 313 de 2024 na qual a contagem de microrganismos aeróbios mesófilos não é mais realizada.

A regulamentação de toda a cadeia produtiva visa garantir a inocuidade dos alimentos e a entrega de um produto final de qualidade para os consumidores, sendo imprescindível a padronização e atualização constante dos procedimentos de fiscalização.

REFERÊNCIAS

- ALLOCATI, N. *et al.* *Escherichia coli* in Europe: an overview. **International Journal Environmental Research and Public Health**, v.25, p.6235-54, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24287850/>. Acesso em: 02 de outubro de 2024
- ANTUNES, P. *et al.* Salmonellosis: the role of poultry meat. **Clinical Microbiology and Infection**, v.22, p.110-121, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26708671/>. Acesso em: 10 de outubro de 2024.
- ARANDA, K. R. S.; FAGUNDES-NETO, U.; SCALETISKY, I. C. A. Evaluation of multiplex PCRs for diagnosis of infection with diarrheagenic *Escherichia coli* and *Shigella* spp. **Journal of Clinical Microbiology**, v.42, p.5849-5853, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/JCM.42.12.5849-5853>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Relatório Anual 2024. Disponível em: <https://abpa-br.org/mercados/abpa-lanca-relatorio-anual-2024/>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2023**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>.
- AVISITE. Portal da avicultura. **Frango: evolução da produtividade nos últimos 90 anos**. Campinas, 2018. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/frango--evolucao-da-produtividade-nos-ultimos-90-anos_406243.html. Acesso em: 12 de outubro de 2024.
- BOSCARIOL, L. C.; RAMELLA, K. D. C. L. Importância da Análise de Pontos Críticos de Controle (APPCC) em abatedouros-frigoríficos de aves: revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.10, p.3437-3448, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/15755>. Acesso em: 13 de outubro de 2024
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161 de 1º de julho de 2022. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DOU nº 126 de 6 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880>. Acesso em: 13 de outubro de 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Manual de Procedimentos de Inspeção e Fiscalização de aves e Derivados em Estabelecimentos sob Inspeção Federal. 1 Ed. 2021. Disponível em: <https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Inspe%C3%A7%C3%A3o-Animal/Produto-Origem-Animal/manual-inspe%C3%A7%C3%A3o-aves>. Acesso em: 03 de abril de 2025
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Portaria nº 365, de 16 de julho de 2021. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 138-A, Seção 1, p.1, 23 jul. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/aves-e-suinos/2022/51a-ro/portaria-365-2021.pdf/view>. Acesso em: 15 de outubro de 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Portaria Nº 103, de 03 de dezembro de 2020. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 100, 257, seção 1, p. 131, mai. 2020c. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Portaria/PRT/Portaria%20n%C2%BA%20103-mapa.htm. Acesso em: 15 de outubro de 2024.

BRASIL. Portaria 210, de 10 de novembro de 1998. Dispõe sobre Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carnes de Aves. **Diário Oficial União**. 26 nov 1998. Disponível em: <chromeextension://efaidnbmninnibpcapjpcgclefindmkaj/https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/portaria210199810.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2024.

BRASIL. Lei Nº 7.889, de 23 de novembro de 1989. Dispõe sobre inspeção sanitária e industrial dos produtos de origem animal, e dá outras providências. **Diário Oficial União**. 24 nov 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17889.htm. Acesso em: 15 de outubro de 2024.

BRASIL. Lei Nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950. Dispõe sobre a Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial União**. 19 dez 1950. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L1283.htm. Acesso em: 15 de outubro de 2024.

BRYAN, A.; YOUNGSTER, I.; MCADAM, A. J. Shiga Toxin Producing *Escherichia coli*. **Clinics in Laboratory Medicine**, v. 35, n. 2, p. 247-272, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26004641/>. Acesso em: 05 de novembro de 2024.

CARCIOFI, B. A. M. **Estudo do resfriamento de carcaças de frango em chiller de imersão em água**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico, Santa Catarina, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/101940>. Acesso em: 05 de novembro de 2024.

CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Experimental results and modeling of poultry carcass cooling by water immersion. **Food Science Technology**, v. 30, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/43sSgcb9rGCpt378xtFFBdN/>. Acesso em: 07 de novembro de 2024.

CASON, J. A. *et al.* Effect of prechill fecal contamination on the number of bacteria recovered from broiler chicken carcasses before and after immersion chilling. **Journal of Food Protection**, v. 67, p. 1829-1833, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15453571/>. Acesso em: 07 de novembro de 2024.

CASON, J.A. *et al.* Coliform, *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. concentrations in a multipletank, countrerflow poultry sclader. **Journal of Food Protection**, v. 63, p. 1184-1188, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10983790/>. Acesso em: 10 de novembro de 2024.

CAVANI, R. **Comparação da carga microbiana e mapeamento de salmonelas (PCR) em águas de pré-resfriamento por imersão e carcaças de frangos em diferentes jornadas de trabalho**. 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_48f37424f62e27dc0f3dd7b2735fe94b. Acesso em: 10 de novembro de 2024.

CHEN, S. H. *et al.* Impact of poultry processing operating parameters on bacterial transmission and persistence on chicken carcasses and their shelf life. **Applied and Environmental**

Microbiology, v.86, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/AEM.00594-20>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

COELHO, A. E. G.; DOMINGUES, J. A. G.; SILVA, E. J. Exportação brasileira do frango de corte. **Revista Processando o Saber**, v. 13, p. 124-137, 2021. Disponível em: <https://www.fatecpq.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/161>. Acesso em: 11 de novembro de 2024.

COSTA, L. G. *et al.* Tecnologia do abate kosher de frangos de corte. **Pubvet**, v. 15, p. 208, 2021. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/489>. Acesso em: 15 de novembro de 2024.

DEMOZZI, C. **Relatório de estágio curricular obrigatório: agroindústria de abate de aves**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1970>. Acesso em: 15 de novembro de 2024.

ERASMUS, M. A.; TURNER, P. V.; WIDOWSKI, T. M. Measures of insensibility used to determine effective stunning and killing of poultry. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 3, p. 288-298, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119311316>. Acesso em: 20 de novembro 2024.

EYI, U.; ARSLAN, S. Prevalência de *Escherichia coli* em carne de aves, carne moída e carne bovina no varejo. **Tempo médio**, v. 68, 2012.

FEITEN, M. C. A. Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) como ferramenta de controle de qualidade no abate de aves: uma revisão narrativa. **Tecnologia e Microbiologia Sob a Perspectiva da Segurança dos Alimentos**, p. 93–114, 2021. Disponível em: https://www.academia.edu/61845795/A_An%C3%A1lise_De_Perigos_e_Pontos_Cr%C3%A1ticos_De_Control_e_Appcc_Como_Ferramenta_De_Control_De_Qualidade_No_Abate_De_Aves_Uma_Revis%C3%A3o_Narrativa. Acesso em: 20 de novembro de 2024.

FERREIRA, V. *et al.* Genome Sequence of *Listeria monocytogenes* 2542, a Serotype 4b Strain from a Cheese-Related Outbreak in Portugal. **Genome Announc**, v.21, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29930053/>. Acesso em: 21 de novembro de 2024.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. Artmed, 2ª ed., 2013.

HACHIYA, J. O. *et al.* Contaminação por *Salmonella* spp. durante o processamento de aves em abatedouros frigoríficos. **Arquivos Veterinária**, v.36, p.218–229, 2020. Disponível em: <https://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/1364>. Acesso em: 21 de novembro de 2024.

LUDTKE, C. B.; COSTA, O. A. D. Bem-estar no manejo pré-abate das aves. **Repositório de informação tecnológica da Embrapa, Engormix**. 2012. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/954218/1/BemestarmanejopreabateavesEngormix.com.pdf>. Acesso em: 11 de novembro de 2024.

MACHADO, G. S. **Relatório de estágio técnico profissional em medicina veterinária: frigorífico de aves**. 2023. Relatório de Estágio Técnico Profissional (Médico-veterinário). Curso de Medicina Veterinária. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2023. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UPF_0f33158318c258fe36b33917ac6fe392. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

MAGIOLI, C. A. Considerações sobre possíveis irregularidades em produtos de origem animal. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 2-8, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/321504537_Consideracoes_sobre_possiveis_irregularidades_em_produtos_de_origem_animal. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

MAROSTICA, D. Mapeamento do processo produtivo para identificação dos locais de quebra de osso jogador em uma agroindústria de abate de aves. **TCC's Medicina Veterinária**, n. 2, p. 54-54, 2020.

MEAD, P. S. *et al.* Food: related illness and death in the United States. **Emerging Infectious Disease**. Atlanta, v. 5, 1999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10511517/>. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

MENEZES, L. D. M. *et al.* Caracterização microbiológica de carcaças de frangos de corte produzidas no estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.70, 2018. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/4YyZYrMRvpJhPX9b9FKXVjN/>. Acesso em: 27 de novembro de 2024.

MORENO, B. **Higiene e inspección de carnes**. I Espanha: Ediciones Díaz de Santos, 2006.

OLIVEIRA, A. A. *et al.* Principais causas de condenação ao abate de aves em matadouros frigoríficos registrados no serviço brasileiro de inspeção federal entre 2006 e 2011. **Ciência Animal Brasileira - Revista UFG**, 2016. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cab/a/5fDM7SLGkKybXvWScW7y93q/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 de novembro de 2024.

OLUDAIRO, O. *et al.* Revisão das características da Salmonella, história, taxonomia, nomenclatura, salmonelose não tifóide (NTS) e salmonelose tifóide (TS). **Revista Veterinária Zagazig**, v.50, p. p. 161-176, 2022. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://zvzjournals.ekb.eg/article_247046_b72e167bb1b3d70de0806f9f71fdc47e.pdf. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

PES, L. G.; LIBARDONI, F. **Fluxograma de abate e Inspeção de frangos de corte**. 2021. Disponível em: <https://meridapublishers.com/faf/faf.pdf>. Acesso em 26 de novembro 2024.

PESSÔA, G. B. S. *et al.* Novos conceitos em nutrição de aves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, p. 755-774, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbspa/a/3YjFM5ZSdxNkv5y4kMSX5Qk/>. Acesso em: 28 de novembro de 2024.

PINHEIRO, T. C.; SANTOS, J. A.; PASA, L. A. Gestão da produção de frangos de corte por meio de redes neurais artificiais. **Holos**, v.2, p.1-15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2020.9043>. Acesso em: 15 de outubro 2024.

PORTARIA Nº 365, DE 16 DE JULHO DE 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-365-de-16-de-julho-de-2021-334038845>. Acesso em: 17 de outubro 2024.

ROÇA, R. O. **Processo de abate de aves**, [s. l.], 21 set. 2021. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Rocal104.pdf>. Acesso em: 21 de outubro 2024.

RODRIGUES, A. C. A. *et al.* Análise e monitoramento de pontos críticos no abate de frangos utilizando indicadores microbiológicos. **Ciência Rural**, v.38, p.1948-1953, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/frCYwgLBSVpMh4N7bCqQMYJ/>. Acesso em: 22 de outubro de 2024.

RODRIGUES, D. R. *et al.* Abate humanitário de aves: Revisão. **Pubvet**, v. 10, p. 636-720, 2016. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1426>. Acesso em: 28 de outubro de 2024.

ROSA, P. S. *et al.* Manejo pré-abate em frangos de corte: Instrução técnica para o avicultor. **Concórdia: Embrapa suínos e aves**, n. 36, 2.p, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/952779>. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Abate de aves. **Boletim técnico-PIE-UFES**, v. 607, 2007.

SCHEUERMANN, G. N. *et al.* Utilização de hormônios na produção de frangos: mito ou realidade. **Journal Health Science Instituto**, v. 33, p. 94-99, 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.unip.br/wp-content/uploads/2020/12/V33_n1_2015_p94a99.pdf>. Acesso em: 26 de novembro de 2024.

TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. A avicultura brasileira e o mercado de mundial de carnes. **Anuário 2023 da Avicultura Industrial**, Itu, ed. 1323, n. 9, ano 114, p. 14-21, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1150191>. Acesso em: 17 de outubro de 2024.

TAVERNARI, F. C.; ALBINO, L. F. T.; DE ARAÚJO, W. A. G. **Manejo pré-abate de frangos de corte**. 2012.

ZIMPEL, A. V.; SALAZAR, L. N. A importância da análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) no abate de aves: revisão bibliográfica. **Conferência: XIX Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão – UNICRUZ**, v.4, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/295263759_A_importancia_da_analise_de_perigos_e_pontos_criticos_de_controle_APPCC_no_abate_de_aves_revisao_bibliografica. Acesso em: 17 de outubro de 2024.

2 CAPÍTULO II - ARTIGO

IMPACTO DO PRÉ-RESFRIAMENTO POR IMERSÃO E DO GOTEJAMENTO NO PESO, TEMPERATURA, QUALIDADE E SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DA CARÇA DE FRANGOS

RESUMO

A qualidade e a segurança microbiológica da carne de frango brasileira são constantemente monitoradas durante o processo de abate para garantia da qualidade da carne que abastece o mercado interno e vários países de diferentes continentes. Durante o processo produtivo industrial, o pré-resfriamento por imersão pode influenciar de forma significativa na contaminação das carcasas de frango. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o sistema de pré-resfriamento em dois estágios de imersão com temperaturas diferentes seguido de gotejamento por 3 minutos avaliando a temperatura, o peso e a qualidade e segurança microbiológica de carcasas de frangos. Utilizando de amostragens superficiais delimitadas em 100 cm² da região do peito, foram quantificados grupos de microrganismos indicadores e pesquisada a ocorrência de *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* diarreio gênica (não-157) e *Staphylococcus aureus* com potencial enterotoxigênico, em três momentos, antes de entrar no sistema de pré-resfriamento, após o resfriamento por imersão e após o gotejamento. A imersão das carcasas na água a 9,5 ($\pm 2,89$) e 2,33 ($\pm 1,30$) °C no primeiro e segundo estágio, respectivamente, foi suficiente para a redução significativa da temperatura das carcasas a 5,70 e 7,41°C na saída do sistema e após o gotejamento, respectivamente. A média de ganho de peso, observada após o gotejamento, foi de 5,5%, em conformidade com a legislação brasileira que permite um ganho de peso de até 8%. O resfriamento por imersão reduziu de forma significativa ($p < 0.05$) as contagens totais; de enterobactérias, coliformes totais e *E. coli*. Sendo reduzida das carcasas, a contaminação elevou as contagens da água do sistema para até 3,76 log UFC/ml para psicrotróficos. A ocorrência de *Salmonella* spp. foi identificada em 100% das carcasas avaliadas e na água do primeiro e do segundo estágio do resfriamento. Patótipos de *E. coli* diarreio gênica, principalmente EPEC atípica e STEC e *S. aureus* com potencial enterotoxigênico apresentaram grande ocorrência nas carcasas mesmo antes da entrada nos sistemas de pré-resfriamento por imersão, que não foi suficiente para a ausentar a ocorrência de nenhum patógeno pesquisado. Apesar do efeito significativo na diminuição da quantificação de indicadores microbiológicos durante o resfriamento por imersão, o sistema, por si só, não foi suficiente para anular a presença de patógenos, havendo a necessidade de revisão de procedimentos e técnicas não só nos abatedouros, mas em toda a cadeia produtiva, atuando de forma integrada para proporcionar biossegurança e redução de riscos ao consumo da carne de frangos.

Palavras-chave: *Escherichia coli* diarreio gênica. Processamento de frangos. Resfriamento. *Salmonella* spp. Segurança alimentar.

2.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor e o maior exportador de carne de aves no mundo, abastecendo o mercado interno e países principalmente da Ásia, África e Europa. Em 2023 foram produzidas mais de 14,833 milhões de toneladas de carne de aves, das quais foram exportadas 5,139 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2024).

Durante o processamento industrial em estabelecimentos regularmente em operação, diversos procedimentos sanitários operacionais são executados para proporcionar qualidade e segurança microbiológica à carne de frangos distribuída mundialmente. O pré-resfriamento por imersão em água com gelo e agitação, requisito legal pela legislação brasileira específica (MAPA, 1998), tem como principal objetivo reduzir rapidamente a temperatura da carcaça à 7 °C após a evisceração, proporcionando a redução de problemas tecnológicos como a carne pálida, flácida e exsudativa (PSE) e redução da multiplicação microbiana inerente à ave e às etapas tecnológicas anteriores. O resfriamento por imersão, quando comparado a outros métodos, tem maior eficiência para o controle de alguns patógenos (Dogan *et al.*, 2022; Leone *et al.*, 2024).

Para aumentar a eficiência do processo de resfriamento e atendimento da grande demanda dos resfriadores, que em algumas indústrias brasileiras pode superar 80 mil aves por hora de abate, a maioria dos abatedouros utilizam de vários estágios de resfriamento por imersão das carcaças. Nos primeiros estágios de pré-resfriamento as carcaças devem atingir 16°C de temperatura a substituição de água mínima é de 1 litro/carcaça (MAPA, 1998). No último estágio, no qual a temperatura da carcaça deve atingir no máximo 7°C, a renovação da água deve ser proporcional a 1, 1,5 e 2 litros para aves com peso de <2,5, de 2,5 a 5, e > 5 kg, respectivamente (MAPA, 1998).

Entre todos os estágios, as carcaças chegam a ficar imersas por até 1 hora, o que demanda uma grande capacidade desses sistemas e, portanto, contato direto e indireto com a contaminação de muitas carcaças e lotes distintos. Para evitar a grande contaminação da água e dispersão dos microrganismos entre as carcaças, a água de renovação constante dos sistemas de pré-resfriamento pode ser adicionada em até 5 ppm de cloro livre (MAPA, 1998). Além disso, a cada 8 horas de processamento, todo o conteúdo deve ser drenado de todos os estágios dos sistemas contínuos e o equipamento submetido a um procedimento padrão de higiene operacional para o retorno do processamento (MAPA, 1998). Souza Junior *et al.* (2012), no entanto, já demonstraram que o aumento desse intervalo para 16h de total esvaziamento do sistema não altera significativamente a qualidade microbiológica das carcaças dos frangos.

Após a etapa de resfriamento por imersão, as carcaças precisam ser novamente penduradas nas linhas suspensas e passar por um período mínimo de 3 minutos de gotejamento. Essa drenagem da água do pré-resfriamento deve ser suficiente para que a carcaça não ganhe mais que 8% do peso inicial. Esse monitoramento do peso é realizado a cada 4 horas de processamento (MAPA, 1998).

Considerando a importância da produção brasileira de carne de aves; a possível influência dos sistemas de pré-resfriamento por imersão na sua qualidade e segurança; e, necessidade de fundamentação técnica de programas de autocontrole para as indústrias de carne de aves, o objetivo do presente trabalho foi determinar a influência do pré-resfriamento e gotejamento na quantificação de grupos de microrganismos e na ocorrência de patógenos em carcaças de frangos produzidos e abatidos na região norte do Brasil, avaliando também a contaminação da água dos estágios dos sistemas de pré-resfriamento por imersão, a sua influência no peso e na temperatura das carcaças.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Delineamento

Foram avaliados seis diferentes lotes de frangos abatidos em um frigorífico regularmente em operação no estado do Tocantins, norte do Brasil. O estabelecimento tem volume de abate diário de até 90 mil aves e integra o Sistema Brasileiro de Inspeção de Produtos de Origem Animal (SISBI). Foram realizadas três coletas com intervalo de 28 dias entre elas, sendo dois lotes amostrados em cada dia de coleta no período de fevereiro a abril de 2024.

De cada lote foram randomicamente selecionadas quatro carcaças após a evisceração e anteriormente à entrada no sistema de pré-resfriamento por imersão, identificadas com presilhas plásticas na região terminal das coxas. Todas as etapas anteriores de pendura, eletronarcose, sangria, escaldagem, depenação, evisceração e inspeção *post-mortem* foram executadas pela operação regular do estabelecimento sob condições dos procedimentos sanitários operacionais (PSO) e conforme os critérios estabelecidos em normativas federais específicas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) do Brasil. Todas as carcaças já haviam sido liberadas pelo serviço de inspeção estadual do Tocantins (SIE-TO) e estavam consideradas aptas para o consumo. As amostras foram processadas num período máximo de 18 horas após a coleta.

2.2.2 Amostragem de carcaças

Todas as carcaças de frango foram individualmente amostradas em três etapas: imediatamente antes da entrada no sistema de pré-resfriamento – pré-resfriamento; na saída do último estágio do sistema – Chiller; e, na saída da pendura após os 3 minutos de gotejamento e imediatamente antes da embalagem primária. Foram obtidas, portanto, 72 amostras superficiais de carcaças. Foi realizada a pesagem (sensibilidade de 0,001g) e aferição da temperatura individualmente em cada carcaça em cada etapa.

Para as análises microbiológicas, foram amostrados superficialmente 100 cm² da região do peito das carcaças com esponja estéril hidratada com 10 mL de água peptonada tamponada (Laborclin, Brasil), de forma que cada 1mL da solução representava 10 cm². A área foi delimitada por molde plástico de 10 x 10 cm estéril individual por carcaça e substituído a cada etapa amostrada. As amostras foram mantidas e encaminhadas sob refrigeração ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade Federal do Norte do Tocantins, em Araguaína, Tocantins, onde foram imediatamente analisadas.

2.2.3 Amostragem da água dos sistemas de pré-resfriamento por imersão

Em cada dia de coleta a água de entrada no sistema de pré-resfriamento, do primeiro e do último estágio foram avaliados. Foram coletados ≈ 200 ml de forma asséptica em frasco estéril. O fornecimento de água do estabelecimento era realizado por poços artesianos. A temperatura da água também foi aferida imediatamente antes da amostragem. As amostras de água também foram encaminhadas sob refrigeração e analisadas simultaneamente com as amostras de carcaças sob os mesmos meios e condições de incubação.

2.2.4 Contagem de grupos de microrganismos indicadores

As amostras foram homogeneizadas e diluídas decimal e sequencialmente até a concentração 10⁻⁵. As diluições foram inoculadas em placas de Compact Dry (Nissui Pharmaceutical Co., Ltd., Tokyo, Japan) TC, ETB, XSA e EC para contagem total, de enterobactérias, *Staphylococcus aureus*, coliformes totais e *Escherichia coli*, respectivamente. As condições de incubação e interpretação foram realizadas conforme as instruções do fabricante (<https://compact-dry.com/en/products/>).

A contagem total de microrganismos psicrotróficos foi realizada com a inoculação pelo método *pour-plate* em duplicata de cada diluição em placas de ágar padrão para contagem

(Acumedia) e incubadas por 10 dias a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ (Morton, 2001). Os resultados absolutos das contagens de todos os grupos foram convertidos em $\log \text{UFC}/\text{cm}^2$.

2.2.5 Detecção de patógenos

A pesquisa qualitativa de *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes* foi realizada conforme os métodos *International Organization for Standardization* (ISO) 6579:2002/Amd 1:2007 e 11290-1:1996/Amd 1:2004, respectivamente. Ambos os métodos foram modificados para inclusão da confirmação em PCR gênero e espécie-específica dos isolados sugestivos em placas de crescimento diferencial (XLD and SS ágar – para *Salmonella* spp. – and Listeria Seletive and Oxford ágar – para *L. monocytogenes*).

Todos os isolados de *E. coli* (não-O157) e *S. aureus* das placas utilizadas nas contagens foram recuperados em caldo BHI (Acumedia, USA) por 24h à $35 \pm 1^\circ\text{C}$ para caracterização molecular da presença de fatores de virulência (Ribeiro Júnior, 2016).

2.2.6 Análise molecular

Todos os isolados sugestivos de *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* e *S. aureus* foram submetidos à extração de gDNA conforme Ribeiro Júnior *et al.* (2016). A confirmação ao nível de gênero para *Salmonella* spp. foi realizada pela pesquisa do gene *invA* utilizando os *primers* e condições descritos por Shanmugasamy, Velayutham e Rajeswar (2011) e a PCR espécie-específica para *L. monocytogenes* foi utilizado o protocolo de Chen e Knabel (2007).

Para *E. coli* diarreiogênica (DEC) não-O157 foram pesquisados os genes que codificam fatores de virulência de estipes enteropatogênica (EPEC), enterotoxigênica (ETEC), enteroinvasiva (EIEC), enteroagregativa (EAEC) e produtora de toxina shiga (STEC). A pesquisa de *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) foi realizada pela presença simultânea de genes que caracterizam EPEC (*eaeA*) e STEC (*stx1* e/ou 2). EPEC típica e atípica foram diferenciadas pela pesquisa do gene *bfpA*. Todos os genes alvo, primers e as condições de amplificação dessas reações foram as mesmas descritas por Aranda, Fagundes-Neto e Scaletsky (2004).

Todos os isolados de *S. aureus* foram submetidos à pesquisa de genes que codificam a produção de enterotoxinas estafilocócicas A e E conforme metodologia de Mehrotra, Wang e Johnson (2000).

Todos os ensaios de PCR (uni e multiplex) foram realizados com a seguinte constituição: $\approx 50 \text{ ng}$ de DNA molde, 100 nM de cada dNTP, $2,5 \mu\text{L}$ de tampão $10\times$, 75 mmol/L de MgCl_2 , 20 pmol/L de cada *primer*, 2.5 U de *Platinum Taq DNA polymerase* (Invitrogen, CA, USA) e

água ultrapura para completar o volume final de 25 µL. Os produtos de PCR foram visualizados sob luz ultravioleta após a coloração dos géis em brometo de etídio (20mg/L). Cada ensaio foi internamente validado com controles positivos e negativos em cada reação.

2.2.7 Análise estatística

Para as análises estatísticas foram verificados pressupostos da análise de variância (ANOVA), sendo estes normalidade com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e homocedasticidade pelo teste de Bartlett ($p > 0,05$). As variáveis não seguiram distribuição normal. Em caso de diferença significativa entre tratamentos, foi utilizado o teste post-hoc de Tukey para comparação. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R versão 4.2.1 (R Core Team, 2022), ao nível de $p < 0,05$ de significância.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Influência do pré-resfriamento no peso e temperatura das carcaças

Foi observado que o pré-resfriamento por imersão em dois estágios (pré-chiller e chiller) teve efeito significativo na redução da temperatura das carcaças, conforme pode ser verificado na Tabela 1. Após os 3 minutos de gotejamento, no entanto, a mediana da temperatura carcaça (7,41 °C) também teve efeito significativo em relação à temperatura de saída do chiller (5,70°C). Isso mesmo com a seção do abatedouro ter temperatura ambiente de $\leq 12^\circ\text{C}$ conforme determina a legislação brasileira (MAPA, 1998).

Tabela 1. Mediana (quartis 25-75) do peso e temperatura de carcaças de frangos antes e depois do pré-resfriamento por imersão e após 3 minutos de gotejamento

Tratamento	Peso (kg)	Temperatura (°C)
Pré-chiller	2.33 (2.16-2.47) ^a	36.56 (35.87-37.07) ^a
Chiller	2.48 (2.30-2.62) ^a	5.70 (5.58-6.12) ^b
Gotejamento	2.50 (2.28-2.61) ^a	7.41 (7.11-7.73) ^c
<i>p-value</i> *	0,476	0,001

* teste post-hoc de Tukey ao nível de $p < 0,05$ de significância.

A temperatura média (desvio padrão) da água de entrada do primeiro e segundo estágio do sistema de pré-resfriamento foi de 2,77 ($\pm 1,08$), 9,5 ($\pm 2,89$) e 2,33 ($\pm 1,30$), respectivamente.

Como no primeiro e no último estágio as carcaças devem atingir as temperaturas máximas de 16 e 7°C (MAPA, 1998), respectivamente, a temperatura da água foi suficiente para o atendimento do requisito legal, com a mediana de 5.70°C (Tabela 1) e nenhum valor superior ao limite foi observado em nenhuma carcaça. Ainda, é permitido que as carcaças estejam em até 10°C se forem submetidas ao congelamento rápido após a embalagem primária (MAPA, 1998), prática executada pelo estabelecimento onde o estudo foi realizado. Dessa forma, mesmo após o aumento significativo da temperatura após o gotejamento, o pré-resfriamento atendeu aos parâmetros determinados pela legislação brasileira.

O peso mediano das carcaças pré e pós-chiller e após o gotejamento não apresentou diferença significativa (Tabela 1); o que era esperado. No entanto, após o gotejamento não é permitido ganho de mais de 8% em relação ao peso inicial das carcaças conforme determinado no Brasil (MAPA, 1998). Considerando o peso médio das carcaças antes do pré-resfriamento e após o gotejamento de 2,344 e 2,474 kgs, respectivamente, a o ganho de peso foi de 5,5%, em conformidade com a legislação. Individualmente, em nenhuma carcaça avaliada também foi observado ganho de peso superior a 8%. Sabe-se que a temperatura mais elevada da água do primeiro estágio pode predispor a maior retenção de água (Lorenzetti *et al.*, 2018).

2.3.2 Qualidade microbiológica das carcaças

Na tabela 2 estão apresentados os resultados medianos das contagens de microrganismos indicadores da qualidade nas carcaças de frango pré e pós chiller e após o gotejamento.

Tabela 2. Medianas (quartis 25-75) de grupos de microrganismos indicadores da qualidade microbiológica de carcaças de frango antes e depois do pré-resfriamento por imersão e após o gotejamento

Grupo*	Pré-chiller	Pós-chiller	Gotejamento	p-value**
Contagem Total	3,77 (3,48-3,87) ^a	2,62 (2,45-2,77) ^b	2,57 (2,36-2,76) ^b	0,001
Psicrotróficos	2,44 (2,08-3,37) ^a	2,76 (2,38-3,38) ^a	3,10 (2,42-3,51) ^a	0,946
Enterobactérias	2,53 (2,24-2,64) ^a	1,45 (1,34-1,71) ^b	1,42 (1,22-2,06) ^b	0,015
Coliformes totais	2,22 (2,03-2,59) ^a	1,52 (1,14-2,03) ^b	1,19 (1,02-1,52) ^b	0,003
<i>Escherichia coli</i>	1,81 (1,46-2,09) ^a	1,11 (0,60-1,24) ^b	0,83 (0,70-0,89) ^b	0,003
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,53 (1,49-1,99) ^a	0,88 (0,56-1,24) ^a	1,44 (0,63-1,74) ^a	0,079

* Valores expressos em log UFC/mL; ** teste post-hoc de Tukey ao nível de $p < 0,05$ de significância.

Foram observadas elevadas contagens na maioria dos grupos indicadores antes mesmo da entrada no processo de pré-resfriamento no pré-chiller 01. Resultados parecidos foram relatados por Duan *et al.* (2017), que observaram 4,08 e 2,79 UFC/cm² para contagem total e de coliformes totais no peito de frangos recém abatidos na China. Esses autores propuseram, inclusive diferentes tratamentos das carcaças para a redução dessas quantificações (ácido láctico, hipoclorito de sódio, entre outros), assim como o recente estudo de Laranja *et al.*, (2023), com ácido peracético. Em condições brasileiras de produção, nenhum tratamento químico pode ser executado nas carcaças em qualquer etapa de produção, somente a hipercloreção da água a 5 ppm (MAPA, 2017). Além disso, métodos de controle não químicos da contaminação das carcaças de frangos sempre devem ser preconizados (Stewart; Pavic, 2023).

O estudo de Perez-Arnedo *et al.*, (2021), avaliando uma indústria que realizava o resfriamento a ar das carcaças de frango, verificou que o resfriamento a ar reduziu o número de log de mesófilos, *Staphylococcus* coagulase positiva e *E. coli* em 0,85, 1,52 e 2,2 unidades log, respectivamente. Na presente pesquisa, o resfriamento por imersão, encontrou valores muito próximos aos observados no trabalho citado anteriormente, com sistema de resfriamento a ar. Outras pesquisas realizadas não identificaram diferenças significativas nas contagens microbiológicas ou na ocorrência de patógenos entre os tipos de resfriamento, a ar ou por imersão (Zhang *et al.*, 2011). No entanto, os diferentes métodos de resfriamento podem ter maior influência em características físicas (Zhuang *et al.*, 2013) e sensoriais (Nauman *et al.*, 2020) da carne de aves.

Sabe-se que anteriormente a etapa de pré-resfriamento são executados diversos procedimentos nas carcaças que podem influenciar na sua maior contaminação (Perez-Arnedo *et al.*, 2021). As etapas de escaldagem e depenação foram evidenciadas por Chen *et al.*, (2020) como pontos de inclusão de microrganismos termofílicos enquanto o pré-resfriamento por imersão incluiu psicrotolerantes na carcaça de frangos, também relatado por Song, Wang e Xu (2021). Essa contaminação pode vir da própria ave, da contaminação cruzada, do ambiente industrial, dos manipuladores, processos de abate, entre outros (Zweifel; Althaus; Stephan, 2015; Lin *et al.*, 2021; Pinheiro *et al.*, 2021; Klaharn *et al.*, 2022; Ntakiyisumba; Tanveer; Won, 2024).

Tanto para a contagem bacteriana total e dos Gram-negativos das enterobactérias, coliformes totais e *E. coli*, a etapa de pré-resfriamento por imersão teve efeito significativo para a redução das contagens ($p < 0,05$) (Tabela 2). Pinheiro *et al.*, (2021), também avaliando abatedouros brasileiros, verificaram que o pré-resfriamento por imersão pode reduzir significativamente a quantidade de enterobactérias nas carcaças de frangos (5.1 a 3.88 log

CF/g), assim como a escaldagem relatada por Ntakiyisumba, Tanveer; Won (2024) para *Campylobacter*. Reduções significativas da contaminação entre os frangos pré e pós-chiller por imersão também foram observadas por Souza Junior *et al.*, (2012) para a contagem total, enterobactérias, coliformes e *E. coli*.

Essa redução das contagens pode ser relacionada com o efeito do cloro adicionado a água de inclusão constante nos tanques do chiller (Kameyama *et al.*, 2012; Zhang; Kim; Park, 2024). A transferência dos contaminantes das carcaças para a água também foi observada. A mediana da contagem total da água passou de níveis indetectáveis para 2.36 e 2.92 log UFC/mL no primeiro e segundo estágio do sistema de pré-resfriamento, respectivamente, (Tabela 3), enquanto as medianas das contagens totais das carcaças reduziram em 30,5% (3.77 para 2.62 log UFC/mL – Tabela 2).

A etapa de pré-resfriamento também reduziu as medianas de *S. aureus* (42.5%), enquanto o gotejamento aumentou (63,6%) as contagens desses microrganismos. Porém, tanto o aumento quanto a diminuição não tiveram efeito significativo. Mais especificamente em relação à etapa de gotejamento, após o pré-resfriamento as carcaças eram manualmente penduradas na linha de gotejamento. Esse aumento pode estar relacionado à higiene operacional dos manipuladores indicando falhas nas boas práticas de fabricação (BPF) (Okorie-Kanu *et al.*, 2020; Odetokun *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2024).

Psicrotróficos foram os únicos que aumentaram as suas quantificações quando as carcaças passaram pelo processo de pré-resfriamento por imersão. Progressivamente, esses microrganismos também aumentaram suas quantificações após a etapa de gotejamento. Nas duas etapas, no entanto, o aumento não foi significativo ($p > 0,05$). Sabe-se que esses microrganismos são os principais deteriorantes de alimentos refrigerados, uma vez que seu potencial proteolítico e lipolítico em baixas temperaturas é bastante conhecido (Wang *et al.*, 2017; Katiyo *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2022). Diante do exposto, fica evidente que se a carne de frango avaliada pelo presente estudo não fosse submetida ao congelamento rápido (-30°C), devida a alta contagem de microrganismos psicrotróficos, seria esperada baixa vida útil do produto. Seria esperada baixa vida útil dos produtos uma vez que os microrganismos crescem, mesmo que lentamente, em temperaturas abaixo de 0°C , e são responsáveis por causar alterações no produto (Vieira e Teixeira, 1997). Como alterações no odor, cor e textura do frango.

2.3.3 Qualidade microbiológica da água

A água utilizada nos processos industriais de abate de todas as espécies deve atender ao requisito de potabilidade (MAPA, 2017). No Brasil, sob o ponto de vista microbiológico, a água potável deve ser isenta de coliformes totais (Brasil, 2021). Conforme pode ser observado na Tabela 3, nenhuma amostra de água de entrada nos sistemas de pré-resfriamento por imersão apresentou contagens de coliformes ou qualquer outro grupo de microrganismos, o que pode ser justificado pela adição de cloro livre adicionado até 5 ppm, atendendo aos requisitos legais de potabilidade da água.

Tabela 3. Medianas (quartis 25-75) de grupos de microrganismos indicadores da qualidade microbiológica da água de entrada e em cada estágio do sistema de pré-resfriamento por imersão (1º Estágio – pré-chiller 01, 2º Estágio – Chiller)

Grupo*	Entrada	1º estágio	2º estágio	p-value**
Contagem Total	<0,1 (0-0) ^a	2,36 (1,83-2,86) ^{ab}	2,92 (2,90-3,22) ^b	0,017
Psicrotróficos	<0,1 (0-0) ^a	3,24 (2,82-3,99) ^a	3,76 (2,47-3,92) ^a	0,082
Enterobactérias	<0,1 (0-0) ^a	1,52 (1,26-2,18) ^a	2,30 (2,19-2,55) ^a	0,071
Coliformes totais	<0,1 (0-0) ^a	1,47 (1,24-2,02) ^{ab}	2,46 (2,15-2,57) ^b	0,057
<i>Escherichia coli</i>	<0,1 (0-0) ^a	1,26 (1,13-1,82) ^a	2,18 (1,91-2,35) ^a	0,084
<i>Staphylococcus aureus</i>	<0,1 (0-0) ^a	0,85 (0,66-1,52) ^a	1,72 (1,53-1,98) ^a	0,314

* Valores expressos em log UFC/mL; ** teste post-hoc de Tukey ao nível de $p < 0,05$ de significância.

No entanto, a partir do primeiro estágio do sistema de pré-resfriamento por imersão (pré-chiller 01), foi observada elevação das quantificações até 3,24 log UFC/mL de psicrotróficos (Tabela 3). Aumento significativo para a contagem total foram observados no segundo estágio (chiller).

Essa contaminação da água, vinda do contato direto com as aves e sob ação de borbulhamento no processo de imersão, fez com que, inclusive, as contagens microbiológicas das carcaças fossem reduzidas (Tabela 2).

Vale-se ressaltar que a água do primeiro estágio não tem contato com o segundo estágio, somente as aves são mecanicamente transferidas de um tanque a outro. Ainda durante a coleta, era visualmente perceptível a maior turbidez da água no primeiro estágio em relação ao segundo.

Na água, há grande dispersão da contaminação e distribuição entre as carcaças, além dos volumes de água residual serem grandes. Diversas alternativas são propostas, como a inclusão de substâncias antimicrobianas na água e ultrafiltração para reutilização (Marchesi *et al.*, 2019), práticas que, no entanto, não são permitidas no Brasil ao menos que o estabelecimento comprove o atendimento dos padrões de potabilidade. No estabelecimento onde o estudo foi conduzido a água não era reutilizada.

2.3.4 Ocorrência de patógenos

Para a água de entrada nos sistemas de pré-resfriamento não foi recuperado nenhum isolado sugestivo dos patógenos pesquisados, acompanhando as contagens indetectáveis. Para as outras amostras de água e carcaças avaliadas, os resultados da identificação de *Salmonella* spp. e dos fatores de virulência de *E. coli* e *S. aureus* estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Detecção de patógenos em amostras de carcaças de frangos pré e pós resfriamento por imersão, após o gotejamento e na água do primeiro e segundo estágios do sistema de pré-resfriamento por imersão.

	<i>Salmonella</i> spp.		<i>Escherichia coli</i>		Patótipo (No.)	<i>Staphylococcus aureus</i>		
	No.	P* (%)	No.	P* (%)		No.	P* (%)	Enterotoxin** (No.)
Pré-chiller	98	76 (77,5)	130	24 (18,5)	EPEC (16) EAEC (3) ETEC (1) STEC (2) EIEC (2)	153	19 (12,4)	C (1) D (16) E (2)
Pós-chiller	87	77 (88,5)	142	28 (19,7)	EPEC (19) EAEC (3) ETEC (1) STEC (3) EIEC (2)	185	3 (1,6)	A (1) D (2)
Gotejamento	83	76 (9,6)	155	20 (12,9)	EPEC (7) EAEC (1) ETEC (4) STEC (6) EIEC (2)	180	13 (7,2)	B (5) D (7) E (1)
1º estágio	60	43 (71,7)	42	7 (16,7)	EPEC (3) EAEC (2) STEC (2)	26	3 (11,5)	D (3)

2º estágio	45	43 (95,5)	93	9 (9,7)	EPEC (1) STEC (6) EIEC (2)	92	8 (8,7)	B (1) C (3) D (4)
Total	37 3	315 (84,4)	562	88 (15,6)	EPEC (46) EAEC (9) ETEC (6) STEC (19) EIEC (8)	636	46 (7,2)	A (1) B (6) C (4) D (32) E (3)

* P = número de isolados positivo; ** Enterotoxina = refere-se ao número de isolados com o gene que codifica a expressão da determinada toxina (A a E).

No total, foram recuperados 261 isolados sugestivos de *L. monocytogenes* nas placas de crescimento diferencial, nenhum, no entanto, apresentou resultado positivo na PCR espécie-específica. Dessa forma, nenhuma amostra avaliada pelo presente trabalho foi positiva para *L. monocytogenes*. Sabe-se, no entanto, que pontos críticos para a contaminação de frangos por esse microrganismo são em etapas posteriores ao resfriamento e gotejamento, principalmente no restante da área fria do frigorífico (Iannetti *et al.*, 2020).

Foram executados 2.349 PCRs entre os ensaios uni e multiplex, individualmente para cada isolado sugestivo. Para os 562 isolados de *E. coli*, foram realizados 2 ensaios multiplex, conforme o protocolo utilizado (Aranda; Fagundes-Neto; Scaletsky, 2004). Os 46 isolados de EPEC foram avaliados em novo ensaio uniplex para a presença do gene *bfpA*, que caracteriza EPEC típica, vinculada a humanos. Nenhum isolado foi positivo, ou seja, todos os isolados de EPEC eram atípicos (at-EPEC).

Especificamente para *E. coli*, 15,6% do total de isolados apresentaram ao menos um gene de virulência que caracteriza DEC, sendo a EPEC a de maior ocorrência. Nenhum isolado de *E. coli* foi identificado como EHEC, uma vez que isolados diferentes apresentaram resultado positivo para EPEC e STEC. Por outro lado, dois (1,40%) dos 142 isolados recuperados de carcaças pós-chiller apresentaram positividade para mais de um patótipo, um positivo para EIEC e EPEC e outro simultaneamente positivo para EAEC e EPEC. Vale-se ressaltar que todos os patótipos identificados já foram encontrados nos frangos previamente à entrada no sistema de pré-resfriamento por imersão. Dessa forma, etapas anteriores do processamento podem estar relacionadas a dispersão de DEC, uma vez que esse patógeno já foi relatado como presente desde a cloaca de aves previamente à evisceração, superfícies das carcaças e suas cavidades antes e depois da evisceração, do pré-resfriamento e até a lavagem final (Alonso *et al.*, 2011).

Pinheiro *et al.*, (2021) identificaram resultados semelhantes ao presente estudo caracterizando *E. coli* patogênica extraintestinal (ExPEC) em frigoríficos de aves brasileiros.

Outro estudo não identificou STEC em amostras de frangos comercializados no sul do Brasil, somente at-EPEC (Cerutti *et al.*, 2020). De fato, at-EPEC é predominante em carcaças de aves durante o abate (Alonso *et al.*, 2011).

Salmonella spp. foi o patógeno que apresentou maior ocorrência, tanto nas carcaças quanto na água dos sistemas de pré-resfriamento. Todas as amostras de carcaças (24/24) e de água do primeiro e segundo estágio do sistema de resfriamento avaliadas foram positivas para esse patógeno. A água de entrada nos sistemas foi a única avaliada que não apresentou nenhum isolado sugestivo ou confirmado. O sistema de pré-resfriamento por imersão pode, portanto, atuar como um dispersor do patógeno entre as carcaças, uma vez que na água, já do primeiro estágio, já foi identificada a sua ocorrência. Assim como observado e discutido para a *E. coli*, a origem fecal comum entre os enteropatógenos está relacionado com etapas anteriores ao pré-resfriamento das carcaças de frangos (Alonso *et al.*, 2011; Gu *et al.*, 2020).

A ocorrência de *Salmonella* spp., no entanto, não pode ser utilizada como critério para atestar a não conformidade das carcaças processadas. Conforme estabelecido pela legislação brasileira, assim como de outros países, as carcaças de frangos devem ser isentas de sorotipos de importância em saúde pública, como a *S. Enteritidis* e *S. Typhimurium* (MAPA, 2016; ANVISA, 2022). Além destes, outros sorotipos devem ser monitorados na cadeia produtiva, desde os aviários até o final do processamento nos frigoríficos, como aqueles de importância em sanidade avícola, *S. Gallinarium* e *S. Pullorum*, mas a presença desses sorotipos não indica inconformidade para comércio (MAPA, 2016).

Em condições brasileiras de produção, todos os lotes devem ser avaliados ainda nos galpões de produção para a presença desse microrganismo e desses principais sorotipos, com resultados laboratoriais que devem ser anexos à documentação do lote quando do seu envio para o abate (MAPA, 2016). Em conformidade a esse critério, nenhum lote avaliado pelo presente estudo apresentou na documentação *ante-mortem* resultado positivo para *Salmonella* spp. ou um sorotipo específico. Assim, os monitoramentos ambientais dos galpões de produção podem não ser suficientes para a detecção do microrganismo e outras fontes do ambiente industrial devem ser avaliados para possível contaminação cruzada, garantindo a biossegurança da avicultura de corte.

O estudo de Gu *et al.*, (2020) identificaram *S. Enteritidis* desde a escaldagem até a subdivisão das carcaças avaliadas na China, assim como outros sorotipos. A prevalência de *Salmonella* spp. nas carcaças avaliadas por estes autores foi de 17.5% na escaldagem para 60 e 70% na evisceração e pré-resfriamento, respectivamente. Assim como observado no presente estudo nas contagens de *E. coli* nas carcaças previamente à entrada no sistema de pré-

resfriamento (Tabela 2), os resultados relatados por Gu *et al.*, (2020) reforçam que a evisceração é uma etapa que pode predispor a contaminação fecal e ocorrência dos enteropatógenos. De fato, nos abatedouros de todas as espécies, a evisceração é um ponto crítico de controle biológico (PCC-B) e todas as carcaças são visualmente avaliadas para a presença de contaminações, principalmente a fecal e biliar (Barbut, 2023). A análise de risco e benefício realizada Tondo e Gonçalves (2021) recomendaram a adoção de medidas de biossegurança nas granjas, melhor controle das lavagens de carcaças e gerenciamento de tanques de resfriamento para reduzir a prevalência de *Salmonella* em aves.

Perez-Arnedo *et al.* (2021) não identificaram nenhuma *Salmonella* spp. durante o processamento dos lotes de 3 granjas avícolas da Espanha, no entanto, verificam a ocorrência de *L. monocytogenes* e *Campylobacter* spp. em até 88 e 100% das 25 amostras de frangos avaliadas. Em comparação com o resfriamento a ar, quando as aves são submetidas ao resfriamento por imersão, há o maior controle de patógenos (Leone *et al.*, 2024; Ntakiyisumba, Tanveer; Won, 2024).

Quanto ao potencial toxigênico de *S. aureus*, todos os genes pesquisados foram identificados entre os 636 isolados (Tabela 4). Nas carcaças antes da entrada no sistema de pré-refriamento, já foram identificados potenciais genéticos para síntese de 3 (C, D e E) das 5 enteroxinas estafilocócicas pesquisadas.

A maior ocorrência observada foi de isolados com potencial para a síntese da enteroxina D, 10.5% (16/153), assim como na água do primeiro estágio. A contaminação da água dos sistemas de pré-refriamento por imersão por *S. aureus* com potencial toxigênico é dependente, portanto, da ocorrência desses isolados nas carcaças. Assim como foi identificado nas contagens (Tabela 2), o pré-resfriamento por imersão reduz as quantificações nas carcaças e a diversidade desses contaminantes com potencial toxigênico, como pode ser observado nas carcaças pós-chiller, em que dos 185 isolados recuperados, apenas 1.6% apresentou potencial enterotoxigênico (Tabela 4).

A partir desse estudo, no entanto, não se pode afirmar que as carcaças oferecerão risco enterotoxigênico ao consumo, uma vez que a expressão desses genes é mediada por diferentes fatores (Gajewska *et al.*, 2023).

2.4 CONCLUSÃO

O sistema de pré-resfriamento por imersão foi eficiente para redução da temperatura das carcaças e a inclusão de água apresentou conformidade ao limite estabelecido pela legislação brasileira após o gotejamento. A contaminação microbiológica das carcaças também foi

significativamente reduzida, refletindo-se diretamente na elevada contaminação da água dos estágios dos sistemas de pré-resfriamento. Entre os estágios dos sistemas de pré-resfriamento, não foram observadas diferenças significativas na qualidade microbiológica da água. Com relação à segurança, *Salmonella* spp., *E. coli* diarreiogênica e *S. aureus* com potencial enterotoxigênico apresentaram grande ocorrência nas carcaças mesmo antes da entrada nos sistemas de pré-resfriamento por imersão, que não foi suficiente para a redução da ocorrência de nenhum patógeno.

Devem-se adotar medidas, portanto, de monitoramento da origem dessa contaminação desde os aviários até as etapas anteriores ao pré-resfriamento na região norte do Brasil, determinando pontos ou etapas críticas para minimização do risco à ocorrência de perigos à saúde dos consumidores, assim como o fortalecimento dos programas de autocontrole para a melhoria da qualidade e segurança microbiológica de carcaças de frango.

REFERÊNCIAS

- ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. 2022. **Instrução Normativa No. 161** de 1 de julho de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- ALONSO, M. Z. *et al.* Enteropathogenic *Escherichia coli* contamination at different stages of the chicken slaughtering process. **Poultry science**, v.90, p.2638-2641, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01621>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- ARANDA, K. R. S.; FAGUNDES-NETO, U.; SCALETISKY, I. C. A. Evaluation of multiplex PCRs for diagnosis of infection with diarrheagenic *Escherichia coli* and *Shigella* spp. **Journal of Clinical Microbiology**, v.42, p.5849-5853, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/JCM.42.12.5849-5853>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- BARBUT, S. Poultry Meat and Eggs. In **Food Safety Management**, p. 185-204, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820013-1.00055-3>. Acesso em: 31 de julho de 2024.
- CERUTTI, M. F. *et al.* *Escherichia coli* in chicken carcasses in southern Brazil: absence of shigatoxigenic (STEC) and isolation of atypical enteropathogenic (aEPEC). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.22, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1093>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- CHEN, S. H. *et al.* Impact of poultry processing operating parameters on bacterial transmission and persistence on chicken carcasses and their shelf life. **Applied and Environmental Microbiology**, v.86, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/AEM.00594-20>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- CHEN, Y.; KNABEL, S.J. Multiplex PCR for simultaneous detection of bacteria of the genus *Listeria*, *Listeria monocytogenes*, and major serotypes and epidemic clones of *L. monocytogenes*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.73, p.6299-6304, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/AEM.00961-07>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- DOGAN, O. B. *et al.* A systematic review and meta-analysis of the efficacy of processing stages and interventions for controlling *Campylobacter* contamination during broiler chicken processing. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.21, p.227-271, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12860>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- DUAN, D. *et al.* Application of disinfectant sprays after chilling to reduce the initial microbial load and extend the shelf-life of chilled chicken carcasses. **Food Control**, v.75, p.70-77, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.12.017>. Acesso em: 30 de julho de 2024.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2024. **Central de Inteligência de Aves e Suínos**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas> >, Acesso em: 30 de julho de 2024.
- GAJEWSKA, J. *et al.* Impact of the food-related stress conditions on the expression of enterotoxin genes among *Staphylococcus aureus*. **Pathogens**, v.12, p.954, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pathogens12070954>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

GU, D. *et al.* Prevalence of *Salmonella* isolates and their distribution based on whole-genome sequence in a chicken slaughterhouse in Jiangsu, China. **Frontiers in veterinary science**, v.7, p.29, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00029>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

IANNETTI, L., *et al.* *Listeria monocytogenes* in poultry: Detection and strain characterization along an integrated production chain in Italy. **Food microbiology**, v.91, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103533>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

ISO 11290-1. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuff - Horizontal Method for the Detection and Enumeration of *Listeria monocytogenes* e Part 1: Detection Method. **International Organization for Standardization**, 1996, Amendment 1:2004. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/60313.html>. Acesso em: 01 de agosto de 2024

ISO 6579. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuff – Horizontal Method for Detection of *Salmonella* spp. 4th ed., **International Organization for Standardization**, 2002, Amendment 1:2007. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/56712.html>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

KAMEYAMA, M. *et al.* Effect of cooled and chlorinated chiller water on *Campylobacter* and coliform counts on broiler carcasses during chilling at a middle-size poultry processing plant. **Journal of Veterinary Medical Science**, v.74, p.129-133, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0167>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

KATIYO, W. *et al.* Sensory implications of chicken meat spoilage in relation to microbial and physicochemical characteristics during refrigerated storage. **Lwt**, v.128, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109468>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

KLAHARN, K. *et al.* Bacterial contamination of chicken meat in slaughterhouses and the associated risk factors: A nationwide study in Thailand. **Plos one**, v.17, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269416>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

LARANJA, D. C. *et al.* Application of peracetic acid by spray or immersion in chicken carcasses to reduce cross-contamination in the slaughter process. **Journal of Food Safety**, v.43, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfs.13019>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

LEONE, C. *et al.* Interventions to reduce *Salmonella* and *Campylobacter* during chilling and post-chilling stages of poultry processing: a systematic review and meta-analysis. **Poultry Science**, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579124000713>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

LIN, C. H. *et al.* Contamination of chicken carcasses and the abattoir environment with *Listeria monocytogenes* in Taiwan. **British Poultry Science**, v.62, p.701-709, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1927984>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

LORENZETTI, E. *et al.* Water absorption and dripping of chicken breast and carcasses during pre-cooling in an industrial system. **Poultry science**, v.97, p.4462-4469, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pey311>. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Decreto Nº. 9.013** de 29 de março de 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm. Acesso em: 30 de julho de 2024.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº. 20** de 21 de outubro de 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/controle-de-patogenos/arquivos-controle-de-patogenos/SalmonellaIN202016Salmonella.pdf/view>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Portaria No. 210 de 10 de novembro de 1998**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/empresario/portaria210199810.pdf>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

MARCHESI, C. M. *et al.* Use of membranes for the treatment and reuse of water from the pre-cooling system of chicken carcasses. **Environmental technology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1624834>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

MEHROTRA, M.; WANG, G.; JOHNSON, W. M. Multiplex PCR for detection of genes for *Staphylococcus aureus* enterotoxins, exfoliative toxins, toxic shock syndrome toxin 1, and methicillin resistance. **Journal of clinical microbiology**, v.38, p.1032-1035, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/jcm.38.3.1032-1035.2000>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

MORTON, R. D. Aerobic plate count. In: **Downes, F.P., and K. ITO (ed.), Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**, 4th ed. American Public Health Association, Washington, D.C. Chapter 7, v. 63-67, 2001.

Ministério da Saúde. Portaria GM/MS Nº888, de 04 de Maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário oficial da União**. 04 de maio de 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 07 de Abril de 2025.

NAUMAN, K. *et al.* Comparison of the effects of air and water immersion chilling on processing and sensory attributes of broiler carcass. **Journal of Food Safety & Food Quality/Archiv fuer Lebensmittelhygiene**, v.71, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2376/0003-925X-71-129>

NTAKIYISUMBA, E.; TANVEER, M.; WON, G. Integrating meta-analysis with a quantitative microbial risk assessment model to investigate *Campylobacter* contamination of broiler carcasses. **Food Research International**, v.178, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113983>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

ODETOKUN, I. A. *et al.* Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* from municipal abattoirs in Nigeria: showing highly similar clones and possible transmission from slaughter animals to humans. **Foodborne Pathogens and Disease**, v.19, p.56-61, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/fpd.2021.0030>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

OKORIE-KANU, O. J. *et al.* Molecular epidemiology, genetic diversity and antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* isolated from chicken and pig carcasses, and carcass handlers. **PLoS One**, v.15, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232913>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

PEREZ-ARNEDO, I. *et al.* Effect of processing on the microbiological quality and safety of chicken carcasses at slaughterhouse. **International Journal of food science & Technology**, v.56, p.1855-1864, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14815>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

PINHEIRO, J. J. *et al.* Occurrence of genes associated with virulence in *Escherichia coli* isolates from chicken carcasses at different stages of processing at a slaughterhouse. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.52, p.2413-2420, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00549-5>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, 2022. Available on: Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

RIBEIRO JÚNIOR, J. C. *et al.* Efficiency of boiling and four other methods for genomic DNA extraction of deteriorating spore-forming bacteria from milk. **Semina: Ciências Agrárias**, v.37, p.3069-3078, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n5p3069>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

SHANMUGASAMY, M.; VELAYUTHAM, T.; RAJESWAR, J. Inv A gene specific PCR for detection of *Salmonella* from broilers. **Veterinary world**, v.4, p.562, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.562-564>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

SONG, M. *et al.* *Staphylococcus aureus* and biofilms: transmission, threats, and promising strategies in animal husbandry. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.15, p.44, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-024-01007-6>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

SONG, X.; WANG, H.; XU, X. Investigation of microbial contamination in a chicken slaughterhouse environment. **Journal of Food Science**, v.86, p.3598-3610, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15842>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

SOUZA JUNIOR, L. C. T. *et al.* Microbiological evaluation of chicken carcasses in an immersion chilling system with water renewal at 8 and 16 hours. **Journal of food protection**, v.75, p.973-975, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-11-376>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

STEWART, J.; PAVIC, A. Advances in enteropathogen control throughout the meat chicken production chain. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.22, p.2346-2407, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13149>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

TONDO, E. C.; GONÇALVES, C. T. H. Using risk–benefit analysis to control *Salmonella* in chicken meat. **Food Quality and Safety**, v.5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyab027>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

VIEIRA, C.R.N. & TEIXEIRA, C.G. Condições higiênico-sanitárias de carcaças resfriadas de frango comercializadas em Poços de Caldas-MG. *Higiene Alimentar*, v.11, n.48, p.36-40, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/tScCKLMTfd5BT4dL5f4TjcN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 de Abril de 2024

WANG, G. Y. *et al.* Evaluation of the spoilage potential of bacteria isolated from chilled chicken in vitro and in situ. **Food Microbiology**, v.63, p.139-146, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.11.015>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

WANG, X. *et al.* In vitro and in situ characterization of psychrotrophic spoilage bacteria recovered from chilled chicken. **Foods**, v.12, p.95, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods12010095>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

ZHANG, B. Z.; KIM, J. M.; PARK, J. M. Bactericidal Effects and Quality Impact of Peroxyacetic Acid and Sodium Hypochlorite on Chicken Carcasses. **Foods**, v.13, p.1204, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13081204>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

ZHANG, L. *et al.* Microbiological quality of water immersion-chilled and air-chilled broilers. **Journal of food protection**, v.74, p.1531-1535, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-032>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

ZHUANG, H. *et al.* Effects of broiler carcass scalding and chilling methods on quality of early-deboned breast fillets. *Poultry science*, v.92, p.1393-1399, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02814>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

ZWEIFEL, C.; ALTHAUS, D.; STEPHAN, R. Effects of slaughter operations on the microbiological contamination of broiler carcasses in three abattoirs. **Food Control**, v.51, p.37-42, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.11.002>. Acesso em: 30 de julho de 2024.

3 CAPÍTULO III – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que o resfriamento por imersão reduziu de forma significativa a contagem dos microrganismos indicadores. Os resultados observados quanto ao sistema de resfriamento demonstraram eficiência na redução da temperatura das carcaças. Adicionalmente, o controle do índice de absorção de água pelas carcaças que também foi satisfatório se mantendo dentro dos padrões estabelecidos, que é essencial para atender às normas regulamentares, evitando prejuízos econômicos e garantindo a qualidade do produto final.

Por outro lado, foram isolados microrganismos patogênicos, como a *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus* coagulase positiva, o que permite identificar riscos à saúde pública. A pesquisa apresentou a ocorrência de *Salmonella* spp., *E. coli* diarreiogênica e *S. aureus* com potencial enterotoxigênica em todas as amostras avaliadas e na água de resfriamento no primeiro e no segundo estágio, microrganismos estes que estavam presentes nas carcaças mesmo antes de entrarem no sistema de resfriamento, demonstrando incapacidade do sistema de resfriamento por imersão na redução destes patógenos, reforçando a necessidade de controle rigoroso de toda a cadeia produtiva.

Após a análise dos dados, conclui-se que é necessário aprimorar as medidas de controle usadas pelo estabelecimento uma vez que este deve garantir a segurança e a inocuidade dos produtos em todas as suas etapas de produção. Além disso, é fundamental a revisão e o monitoramento dos programas de autocontrole, verificando a correta aplicabilidade das suas ações no que tange a realização correta dos procedimentos sanitários operacionais, higiene operacional, análise laboratorial, higiene dos colaboradores e estabelecer novos pontos ou etapas críticas, a fim de diminuir o risco à ocorrência de perigos preservando a saúde dos consumidores.