



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR
BACHARELADO EM BIOTECNOLOGIA

MARIA CLARA ARAÚJO MARQUES

**LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE MÉTODOS DE DETECÇÃO DE
MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS EM ALIMENTOS SEMIELABORADOS:
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS CONVENCIONAIS E TÉCNICAS
MOLECULARES.**

FORTALEZA - CE

2025

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE MÉTODOS DE DETECÇÃO DE
MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS EM ALIMENTOS SEMIELABORADOS:
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS CONVENCIONAIS E TÉCNICAS MOLECULARES.

MARIA CLARA ARAÚJO MARQUES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Biotecnologia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Biotecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Denise Cavalcante Hissa

Orientadora Técnico Científica: Flavianne
Maciel Pessoa

LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE MÉTODOS DE DETECÇÃO DE
MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS EM ALIMENTOS SEMIELABORADOS:
COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS CONVENCIONAIS E TÉCNICAS MOLECULARES.

MARIA CLARA ARAÚJO MARQUES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Biotecnologia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Biotecnologia.

Aprovada em: 15/12/2025

Profa. Dra. Denise Cavalcante Hissa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Daniele de Oliveira Bezerra de Sousa (UFC)
Universidade Federal do Ceará

Dra. Maria Cristiane Rabelo (UFC)
Universidade Federal do Ceará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M3191 Marques, Maria Clara Araújo.
Levantamento Bibliográfico sobre Métodos de Detecção de Microrganismos Patogênicos em Alimentos Semielaborados: Comparação entre Métodos Convencionais e Técnicas Moleculares. / Maria Clara Araújo Marques. – 2026.
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Biotecnologia, Fortaleza, 2026.
Orientação: Profa. Dra. Denise Cavalcante Hissa.

1. Segurança Alimentar . 2. Salmonella spp. . 3. Escherichia coli. 4. Métodos Convencionais. 5. PCR. I. Título.

CDD 661

DEDICATÓRIA

A Deus,

“O que é impossível aos homens é possível a Deus.”

- Santa Rita de Cássia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que guiou meus passos mesmo quando eu me sentia perdida, que acolheu minhas inquietações e fortaleceu minha fé para que eu não desistisse. Que este trabalho seja um testemunho de fé, de amor e de gratidão, e que meus passos futuros continuem sendo guiados pela luz que me trouxe até aqui.

A minha amiga do céu, Santa Rita de Cássia, que sempre levou minhas preces ao coração do Pai e me concedeu serenidade nos dias em que o cansaço parecia maior que os meus sonhos.

Aos meus pais, que são meu porto seguro e minha raiz mais firme. Tudo o que sou devo ao amor e aos esforços silenciosos que vocês fizeram para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigada por me ensinarem, com o exemplo, que a educação transforma vidas.

Ao meu amor e maior incentivador, André, que segurou minha mão quando o medo bateu, que me encorajou a continuar quando eu mesma duvidei de mim, que sonha comigo e por mim. Obrigada por ser amor, apoio, abraço, oração, força e cuidado com o nosso futuro.

A minha irmã e a minha prima, Isadora e Ana Maria, pela leveza que sempre trouxeram aos meus dias, pelos sorrisos espontâneos e pela alegria que conforta e renova.

Ao meu companheiro de quatro patas, Billy, que esteve comigo trazendo carinho, silêncio acolhedor nas madrugadas de escrita e aquele amor sincero que só um animal é capaz de oferecer. Obrigada, meu pequeno, por sua alegria diária.

Aos meus amigos da graduação, por terem sido luz nas madrugadas de estudo, companhia nos desafios e razão para rir quando tudo parecia difícil. Em especial, ao Thalison, cuja amizade verdadeira tornou essa caminhada mais bonita e memorável.

A Prof.^a Dra. Daniele Sousa e à Dra. Cristiane Rabelo, pela generosidade em aceitarem compor a banca e dedicarem seu tempo a este trabalho. À minha orientadora, Prof.^a Dra. Denise Hissa, minha profunda gratidão pelo acompanhamento desde 2023, pelas orientações firmes e acolhedoras e pela condução paciente, competente e humana. Levo comigo aprendizados que vão além do TCC e inspiração para a vida.

RESUMO

A segurança alimentar é um fator essencial para a saúde pública, pois a contaminação de alimentos por microrganismos patogênicos representa um risco constante para o consumidor. Este trabalho tem como objetivo comparar métodos convencionais e moleculares aplicados à detecção de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* em alimentos semielaborados, com ênfase em produtos cárneos. A metodologia adotada baseou-se em uma análise comparativa por meio de revisão de literatura científica, considerando estudos que abordam a aplicação de métodos microbiológicos convencionais e técnicas moleculares na detecção desses patógenos. Os métodos convencionais, baseados em cultivo e testes bioquímicos, permitem identificar microrganismos viáveis, porém demandam maior tempo de análise. Em contrapartida, as técnicas moleculares, como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), possibilitam a detecção rápida, sensível e específica do DNA microbiano, mesmo em baixas concentrações. A análise comparativa evidencia que, embora os métodos convencionais ainda sejam amplamente utilizados pela simplicidade e baixo custo, as técnicas moleculares representam alternativas promissoras para o monitoramento microbiológico. Conclui-se que a utilização das técnicas moleculares, de forma isolada ou associada aos métodos tradicionais, contribui para maior eficiência, confiabilidade e agilidade no controle da segurança dos alimentos.

Palavras-chave: Segurança Alimentar; *Salmonella spp.*; *Escherichia coli*; Métodos Convencionais; PCR; Alimentos Semielaborados.

ABSTRACT

Food safety is an essential factor for public health, as food contamination by pathogenic microorganisms represents a constant risk to the consumer. This work aims to compare conventional and molecular methods applied to the detection of *Salmonella spp.* and *Escherichia coli* in semi-processed foods, with an emphasis on meat products. The methodology adopted was based on a comparative analysis through a review of scientific literature, considering studies that address the application of conventional microbiological methods and molecular techniques in the detection of these pathogens. Conventional methods, based on cultivation and biochemical tests, allow the identification of viable microorganisms, but require more analysis time. In contrast, molecular techniques, such as Polymerase Chain Reaction (PCR), allow for rapid, sensitive, and specific detection of microbial DNA, even at low concentrations. The comparative analysis shows that, although conventional methods are still widely used due to their simplicity and low cost, molecular techniques represent promising alternatives for microbiological monitoring. It is concluded that the use of molecular techniques, either alone or in combination with traditional methods, contributes to greater efficiency, reliability, and speed in food safety control.

Keywords: Food Safety; *Salmonella spp.*; *Escherichia coli*; Conventional Methods; PCR; Semi-processed Foods.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO GERAL	11
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Produtos Semielaborados.....	12
3.1.1 <i>Produtos Cárneos</i>	12
3.2 Legislação e Normas.....	12
3.2.1 <i>Legislação para métodos convencionais</i>	12
3.2.2 <i>Legislação para métodos moleculares</i>	14
3.3 Microrganismos patogênicos	15
3.3.1 <i>Salmonella spp</i>	15
3.3.2 <i>Escherichia coli</i>	16
3.4 Detecção de microrganismos patogênicos em alimentos	17
3.4.1 <i>Métodos convencionais</i>	17
3.4.2 <i>Métodos moleculares</i>	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Detecção de <i>Salmonella spp.</i> e <i>Escherichia coli</i> em produtos cárneos	20
4.1.1 <i>Coleta e preparo de amostras</i>	20
4.1.2 <i>Detecção de <i>Salmonella spp.</i> de acordo com a ISO 6579:2017...</i>	21
4.1.3 <i>Detecção de <i>Escherichia coli</i> de acordo com a ISO 16649-2:2002...</i>	22
4.2 Levantamento Bibliográfico	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
5.1 Detecção de <i>Salmonella spp.</i> e <i>Escherichia coli</i> por método convencional	25
5.2 Software Bibliometrix	31
5.2.1 <i>Análise quantitativa das publicações selecionadas</i>	31
5.2.2 <i>Produção Científica no País</i>	34
5.2.3 <i>Artigos Selecionados de acordo com os tipos de ensaios moleculares</i>	35
5.2.4 <i>Comparação entre os métodos de detecção</i>	37
6. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Anualmente, registram-se 600 milhões de doenças causadas pelo consumo de alimentos contaminados por microrganismos (Baba; Esfandiari, 2023). Dessa forma, a segurança alimentar é fundamental para a saúde e o bem-estar da população. Sua importância é uma garantia de redução de riscos de doenças transmitidas por alimentos (DTA's), ou seja, o controle de qualidade nos alimentos assegura que esses estejam livres de contaminantes, como os microrganismos patogênicos.

Os microrganismos estão intimamente relacionados com a disponibilidade, riqueza e qualidade dos alimentos para consumo humano. No processo de manuseio e processamento, os alimentos são facilmente contaminados por microrganismos naturais. Depois que o alimento é contaminado, ele se torna um ambiente propício à proliferação, atuando como meio microbiano. Se estes microrganismos crescerem no alimento, conseqüentemente irão mudar as propriedades físicas, biológicas e químicas, provocando danos nocivos à saúde humana. Estes microrganismos são genericamente denominados “patogênicos”, podendo afetar a saúde de humanos, animais e manipuladores. Os microrganismos patogênicos podem chegar até o alimento por inúmeras vias, refletindo condições precárias de higiene durante a produção, armazenamento, distribuição ou manuseio industrial ou doméstico (Franco; Landgraf, 2008).

Casos de doenças causadas por patógenos veiculados por alimentos ocorrem diariamente por todo o mundo. Muitas vezes, a contaminação ocorre durante a manipulação da matéria-prima ou do produto final, pronto para o consumo. A maioria dos surtos não é relatada, mas existe grande ocorrência de contaminação. Produtos alimentícios, como os chamados “produtos semielaborados” segundo a legislação, são alimentos que devem ser verificados pela presença de microrganismos patogênicos, como a: *Salmonella spp.*; e *Escherichia coli*.

A detecção desses patógenos pode ser realizada por técnicas convencionais e moleculares. As técnicas convencionais envolvem o cultivo em meios seletivos e testes bioquímicos, permitindo identificar microrganismos viáveis, entretanto apresentam longo tempo de análise (Franco; Landgraf, 2008). Por outro lado, as técnicas moleculares permitem a identificação do DNA dos patógenos de forma rápida e sensível, mesmo em baixas concentrações (Silva *et al.*, 2017).

Sendo assim, a análise microbiológica é fundamental para garantir a segurança e a qualidade de todo lote fabricado, ou que será consumido. Diante disso, o atual trabalho visa, através de revisão de literatura, confrontar os resultados de dois tipos de métodos aplicados neste processo, sendo os convencionais, e as técnicas moleculares.

A relevância das análises microbiológicas é indiscutível tanto para a saúde pública, ao prevenir surtos de doenças de origem alimentar, quanto para a indústria, que garante a confiança do consumidor, a conformidade com legislações e a competitividade no mercado.

2. OBJETIVO GERAL

Realizar um levantamento bibliográfico sobre aplicações dos métodos convencionais e moleculares na detecção de contaminantes em alimentos, com ênfase em *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* a fim de fornecer diretrizes de quando utilizar cada método e apresentar um estudo de caso.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar por meio do estudo de caso os métodos convencionais para detectar microrganismos patogênicos;
- Revisar na literatura a aplicabilidade de métodos moleculares;
- Comparar vantagens, limitações, custos e tempos de análise dos métodos convencionais e moleculares.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Produtos Semielaborados

Segundo a instrução normativa – IN N° 161, de 1° de julho de 2022, os alimentos semielaborados são todos aqueles provenientes da indústria alimentícia, no qual não passam por adição de outros ingredientes para serem levados para a prateleira. Sendo assim, os produtos semielaborados possuem indicação para o consumo, para o processo de eliminação ou redução de possíveis DTA's, como a necessidade de tratamento térmico efetivo.

3.1.1 Produtos Cárneos:

Os produtos cárneos são alimentos obtidos a partir de matérias-primas de origem animal que passam por processos de transformação física, química ou biológica, resultando em produtos próprios para o consumo humano. Esses processos incluem moagem, salga, cozimento, defumação, fermentação ou desidratação, que modificam as características originais da carne e conferem sabor, textura e durabilidade específicas (SOARES et. al, 2017). A carne bovina é um dos principais produtos do agronegócio brasileiro, representando uma importante fonte de proteínas, minerais e nutrientes essenciais. A contaminação por *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* em produtos cárneos está frequentemente associada a falhas higiênico-sanitárias durante o abate, manipulação e armazenamento, resultando na disseminação de patógenos provenientes do ambiente, equipamentos e manipuladores (Franco; Landgraf, 2008; Silva et al., 2017; Brasil, 2019).

3.2 Legislação e Normas

3.2.1 Legislação para métodos convencionais

A segurança microbiológica dos produtos cárneos é um requisito essencial para garantir a saúde pública e a qualidade dos alimentos disponibilizados ao consumidor. Por esse motivo, o controle e a detecção desses patógenos são rigorosamente regulamentados por legislações e normas específicas no Brasil.

A Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), estabelece os critérios microbiológicos para alimentos de origem animal e vegetal, incluindo produtos cárneos frescos e processados. Essa normativa define os padrões microbiológicos que devem ser atendidos, bem como os métodos de amostragem e limites de aceitação. No caso da *Salmonella* spp., a presença do microrganismo em 25 g de amostra é considerada inaceitável, sendo obrigatória sua ausência para que o produto seja considerado seguro. Para *E. coli*, a normativa define limites quantitativos ou qualitativos conforme a categoria do alimento e o risco associado.

Ainda, a Instrução Normativa nº 724, de 23 de maio de 2022, complementa as exigências da IN 161/2022 ao fornecer informações sobre os métodos analíticos oficiais para controle microbiológico de alimentos. Essa norma estabelece que os métodos utilizados para detecção de *Salmonella* e *E. coli* devem ser validados e reconhecidos internacionalmente, como os preconizados pela International Organization for Standardization (ISO). De acordo com a Instrução Normativa nº 161/2022 - MAPA, os resultados das análises microbiológicas são interpretados por meio de quatro parâmetros fundamentais: n, c, m e M. Esses parâmetros compõem o chamado plano de amostragem, que define o número de amostras a serem analisadas, o limite aceitável de micro-organismos e os critérios de aprovação ou reprovação do lote.

“n”: Representa o número de unidades amostrais

“c”: Representa a margem de tolerância permitida. Indica o número máximo de unidades amostrais que podem apresentar resultados acima do limite mínimo.

“m”: Corresponde ao limite microbiológico aceitável, expresso em unidades formadoras de colônia (UFC/g), número mais provável (NMP/g) ou pela simples ausência/presença de determinado microrganismo.

“M”: Representa o limite máximo desejável, acima do qual o alimento é considerado impróprio para o consumo humano. Quando uma ou mais amostras apresentam resultados superiores a M, o lote é rejeitado (IN nº 161/2022).

Tabela 1: Padrões microbiológicos para alimentos semielaborados e prontos para consumo segundo a RDC nº 161/2019. Fonte: BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2019.

22. ALIMENTOS SEMIELABORADOS E PRONTOS PARA O CONSUMO					
Categorias Específicas	Micro-organismo/Toxina/Metabólito	n	c	m	M
a) Alimentos semielaborados	<i>Salmonella</i> /25g	5	0	Aus	-
	<i>Bacillus cereus</i> presuntivo/g, somente para alimentos à base de cereais ou molhos	5	1	10 ²	10 ³
	<i>Clostridium perfringens</i> /g, somente para alimentos com carnes	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Estafilococos coagulase</i> positiva/g	5	2	5x10 ²	5x10 ³
	<i>Escherichia coli</i> /g	5	3	5x10	5x10 ²
	Bolores e leveduras/g, somente para alimentos refrigerados	5	1	10 ²	10 ⁴

Fonte: BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 2019.

Essas legislações reforçam a responsabilidade dos estabelecimentos produtores e fiscalizadores em assegurar que nenhum produto cárneo seja comercializado sem a devida análise microbiológica. A carne, por ser um alimento altamente perecível e suscetível à contaminação durante o abate, manipulação, armazenamento e transporte, requer controle rigoroso (Inspeção de Carnes Bovina - MAPA, 2007). A detecção de *Salmonella* e *E. coli* do lote que será comercializado é, portanto, uma medida indispensável para prevenir riscos à saúde do consumidor e garantir a conformidade com as normas sanitárias vigentes.

Dessa forma, a aplicação das IN 161/2022 e IN 724/2022 é fundamental para assegurar que produtos atendam aos padrões microbiológicos exigidos, evitando sua colocação no mercado sem a devida verificação da inocuidade.

3.2.2 Legislação para métodos moleculares

A Association of Official Analytical Chemists (AOAC) valida métodos alternativos, como os métodos moleculares. A AOAC é uma das principais organizações responsáveis pela validação e padronização de métodos analíticos utilizados em laboratórios de microbiologia e controle de qualidade de alimentos. Além dos métodos convencionais, a AOAC possui um processo rigoroso para certificação de métodos alternativos, incluindo técnicas moleculares, que vêm ganhando destaque devido à rapidez, sensibilidade e especificidade.

3.3 Microrganismos patogênicos

3.3.1 *Salmonella spp.*

A *Salmonella* é o principal agente de doenças de origem alimentar, com vários casos no mundo todo, representando um sério problema para a saúde pública. Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde, do Ministério da Saúde, notificou-se entre 2000 e 2015 aproximadamente 41,5% de surtos devido a *Salmonella*. Esse microrganismo patogênico, pertence à família *Enterobacteriaceae* e compreende os bacilos Gram-negativos não produtores de esporos e são anaeróbios facultativos, produtores de gás a partir da glicose e utilizam citrato como única fonte de carbono, sendo a maioria móveis e que está sendo representado na Figura 2 (Franco; Landgraf, 2008; Blucher, 2017).

As diferenças antigênicas das espécies do gênero *Salmonella* são determinadas principalmente por três tipos de antígenos: O (somático), H (flagelar) e Vi (capsular). O antígeno O, presente na parede celular, é composto por lipopolissacarídeos e define os sorogrupos (A, B, C, D, E). Já o antígeno H, localizado nos flagelos, é proteico, termolábil e pode ocorrer em duas fases (1 e 2), permitindo a distinção entre diversos sorovares. A combinação desses antígenos é utilizada no esquema de Kauffmann-White-Le Minor, que permite a identificação e classificação sorológica das cepas. Esse método possibilita a padronização internacional da nomenclatura e o acompanhamento preciso da circulação de sorotipos em humanos, animais e alimentos, sendo essencial para o monitoramento epidemiológico e para a implementação de ações de vigilância em saúde. (Silva *et al*, 2017).

A bactéria do gênero *Salmonella enterica* é a mais frequente envolvida nas doenças humanas, que corresponde a 99% das infecções intestinais em humanos (Silva *et al* 2017). O seu principal reservatório é o trato gastrointestinal do homem e de animais. A transmissão de *Salmonella* ao homem ocorre, geralmente, pela ingestão de alimentos ou água contaminados (Favrin; Jassim; Griffiths, 2001). De acordo com a ICMSF (Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos), a temperatura de crescimento varia entre 35 e 37°C, com pH em torno de 7,0.

Os microrganismos pertencentes ao grupo *Salmonella spp.* são capazes de produzir uma variedade de fatores de virulência, como a capacidade de adesão aos receptores celulares das células dos hospedeiros, com o poder de penetrar nas células intestinais e sobreviver, causando a infecção (Franco; Landgraf, 2008).

Figura 2: *Salmonella spp.* Imagem de microscopia eletrônica de varredura.



Fonte: Bureau of Public Health, Tokyo Metropolitan Government (2008).

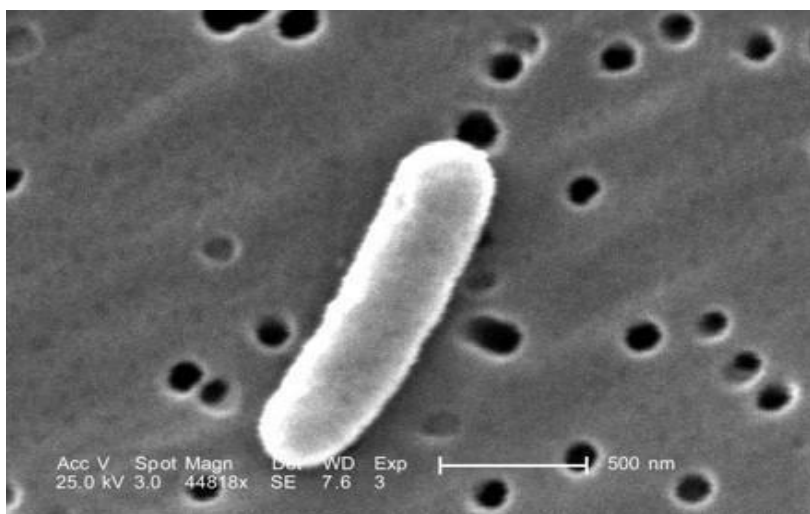
3.3.2 *Escherichia coli*

A *E. coli* é uma espécie da família *Enterobacteriaceae*, esse microrganismo é um bastonete Gram-negativo, não esporulado, anaeróbico facultativo e oxidase negativo, representado na Figura 3. O microrganismo está presente no trato gastrointestinal de humanos e animais, desempenhando papel relevante na microbiota intestinal normal, embora algumas cepas sejam patogênicas, estando associadas a infecções intestinais e a surtos de doenças transmitidas por alimentos, assim como a *Salmonella spp.* A sua presença em alimentos indica contaminação de origem fecal (Franco; Landgraf, 2008).

Do ponto de vista bioquímico, *E. coli* apresenta um perfil típico das enterobactérias. É oxidase-negativa e catalase-positiva, características comuns ao grupo. Diferentemente de outras enterobactérias não fermentadoras, a *E. coli* é lactose-positiva, fermentando lactose com produção de ácido e gás (Silva *et al*, 2017).

Sabendo disso, a *Escherichia coli* é classificada em diversos sorotipos com base nos antígenos O (somático), H (flagelar) e K (capsular). Essa combinação define diferentes cepas, algumas das quais são patogênicas. Entre elas, destacam-se os grupos EPEC, ETEC, EHEC, EIEC, EAEC e DAEC, que se diferenciam pelos fatores de virulência e manifestações clínicas (Franco; Landgraf, 2008). Sabendo disso, a cepa EHEC é a patogênica, sendo seu principal representante é o O157:H7, associado a casos graves de infecção intestinal. A identificação sorológica é, portanto, essencial para o diagnóstico e o controle epidemiológico das infecções por *E. coli*, contribuindo para a segurança alimentar. (Silva *et al*, 2017).

Figura 3: *Escherichia coli*. Imagem de microscopia eletrônica de varredura de *Escherichia coli* enterotoxigênica.



Fonte: *E. coli* Diarreica | Concise Medical Knowledge (2008).

3.4 Detecção de microrganismos patogênicos em alimentos

3.4.1 Métodos convencionais

A detecção de microrganismos patogênicos em alimentos é o princípio da análise microbiológica, pois é fundamental conhecer as condições de higiene em que o alimento foi preparado dentro da indústria. A análise laboratorial de um produto alimentício é importante para detectar possíveis DTA's (Doenças Transmitidas por Alimentos). A análise consistirá em investigar a presença ou a ausência de microrganismos nesse produto, para quantificar os microrganismos presentes e para identificar e caracterizar a espécie microbiana de interesse (Franco; Landgraf, 2008). Sabendo disso, esses métodos convencionais recebem essa denominação porque são os métodos que a maioria dos laboratórios, principalmente brasileiros, utilizam para realizar a análise microbiológica. Dentre os métodos internacionais de referência para análises microbiológicas de alimentos, destaca-se a metodologia padronizada pela International Organization for Standardization (ISO), amplamente reconhecida por garantir reprodutibilidade e confiabilidade nos resultados.

Além disso, é amplamente aceita por órgãos reguladores, incluindo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Foi adotado o método ISO 6579-1:2017 para detecção de *Salmonella spp.*, que estabelece as etapas de pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo e isolamento em meios específicos, seguidas de confirmação bioquímica e sorológica. Essa norma visa à identificação qualitativa de *Salmonella spp.* em alimentos destinados a consumo humano, em amostras do ambiente ou manipulação de alimentos, sendo considerada o padrão ouro para o gênero.

Para *E. coli* foi adotado a ISO 16649-2:2002, que utiliza o meio de cultura TBX (Tryptone Bile X-glucuronide Agar) para a contagem de colônias características, de cor azul-esverdeada, após incubação a 44 °C por 24 horas. Essa metodologia permite a detecção de *E. coli β-glucuronidase positiva* em alimentos, garantindo resultados quantitativos precisos e comparáveis entre laboratórios.

Embora os métodos convencionais sejam relativamente baratos e estejam bem estabelecidos, apresentam uma grande demanda de tempo e por isso entram em desvantagem quando comparados aos métodos moleculares (Dias, 2011).

3.4.2 Métodos moleculares

Com a necessidade de resultados mais precisos e mais rápidos, surgiram na década de 70 os métodos rápidos, em que se percebia a melhora na produtividade laboratorial. Além desses objetivos, esses métodos visam também a simplificação do trabalho e redução de custos (Franco; Landgraf, 2008). As técnicas moleculares têm sido utilizadas para detectar vários patógenos bacterianos. As técnicas de biologia molecular, inclui ensaios de PCR para identificar *Escherichia coli* e *Salmonella spp.* em produtos cárneos.

Nas últimas décadas, o avanço das técnicas de biologia molecular impulsionou o desenvolvimento de métodos mais precisos para detectar, identificar e caracterizar bactérias patogênicas em alimentos. Entre essas tecnologias, destacam-se as técnicas genotípicas, que analisam características estáveis do DNA cromossômico, plasmidial ou total dos microrganismos. A aplicação direta dessas metodologias tem aprimorado o monitoramento microbiológico de alimentos, especialmente com o uso de técnicas baseadas na amplificação de sequências de DNA pela Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), considerada uma das ferramentas mais sensíveis e específicas para a detecção de patógenos Freitas E.I. *et al* (2006).

Foram implementados, nos últimos anos, diferentes métodos de detecção de patógenos baseados em espectrofotometria, biossensores e, principalmente, técnicas de detecção de ácidos nucleicos, como DNA e RNA. Dentre essas, destaca-se a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), amplamente utilizada devido à sua elevada sensibilidade e especificidade. Essas abordagens moleculares permitem a obtenção de resultados rápidos, com maior precisão e menor intervenção manual, reduzindo o risco de erros humanos e otimizando o monitoramento microbiológico de alimentos (Rissato DP, 2014).

Dessa forma, estudos destacam que as técnicas moleculares surgem como alternativas promissoras em comparação aos métodos clássicos da microbiologia de alimentos, devido à sua versatilidade, especificidade e sensibilidade. Essas abordagens proporcionam resultados rápidos e confiáveis, contribuindo assim para um monitoramento mais eficiente da qualidade e segurança dos alimentos (Wang; Salazar, 2016).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão de abordagem qualitativa, descritiva e comparativa. O estudo foi desenvolvido com base em duas etapas principais: estudo de caso e revisão bibliográfica.

4.1 Detecção de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* em produtos cárneos

O estudo de caso foi realizado com base em análises microbiológicas convencionais, em que foram aplicados métodos de detecção para *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* em produtos cárneos semielaborados, utilizando a metodologia convencional baseada nas ISO's presente no Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água (Silva *et al.*, 2017).

A análise foi realizada em um laboratório parceiro, no qual o espaço é destinado especificamente à Análise Microbiológica de Alimentos. Sabendo disso, essa etapa teve como propósito identificar, na prática, os procedimentos tradicionais de cultivo das colônias em questão, permitindo comparar seu tempo de execução, custo e precisão com as técnicas moleculares descritas na literatura.

As amostras analisadas neste estudo corresponderam a produtos cárneos semielaborados, no caso a Carne do Sol Desfiada Congelada, no qual foram adquiridas em estabelecimento comercial local. Amostras coletadas foram analisadas, utilizando um plano amostral para a análise microbiológica de “n= 3”, com a finalidade de detectar patógenos do lote produzido, em que as análises foram direcionadas para detecção de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli*, microrganismos de relevância para a saúde pública e frequentemente associados a surtos DTA's.

4.1.1 Coleta e preparo de amostras

Foram coletadas três amostras de carne de sol desfiada congelada. Os produtos foram coletados em suas embalagens originais, devidamente fechadas, em que representavam a amostragem do lote fabricado para avaliar as suas condições microbiológicas. Dessa forma, como trataram-se de produtos congelados, estes foram encaminhados para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos, em uma caixa térmica com temperatura mantida entre 0° C a 8° C. O alimento foi transportado dessa forma para que suas condições fossem mantidas até chegar ao local de destino.

As amostras foram recebidas para análise no laboratório e foram observadas as condições de embalagem do produto e do transporte antes do início da análise. Em seguida, foi realizado o registro da amostra em uma planilha de “Controle e Recebimento de Amostras”, para que fosse possível acompanhar todas as etapas do processo analítico, garantindo a rastreabilidade, organização e integridade das informações referentes ao material recebido. Após isso, a amostra passou por um descongelamento sob refrigeração somente para a realização da análise microbiológica.

Técnicas corretas de preparação da amostra para análise são indispensáveis (Franco; Landgraf, 2008). A técnica de assepsia foi utilizada em todas as etapas para manter uma boa higienização e evitar contaminação externa. Assim, foi realizado o pré-enriquecimento adicionando-se 25 g da amostra em 225 mL de Água Peptonada (H2Op, composição: Peptona: 10g; Cloreto de sódio: 5g; Fosfato dissódico: 3,5g; Fosfato Monopotássico: 1,5g), etapa fundamental para a recuperação de microrganismos injuriados, permitindo que se estabeleçam e possam ser posteriormente detectados nas fases seletivas da análise microbiológica. O pré-enriquecimento foi realizado na proporção de 25g de amostra para 225mL de H2Op para favorecer o crescimento inicial dos microrganismos e assegurar a confiabilidade das etapas subsequentes da análise microbiológica.

4.1.2 Detecção de *Salmonella spp.* de acordo com a ISO 6579:2017

Inicialmente as amostras foram submetidas à homogeneização, de acordo com a ISO 6579:2017, baseado no Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água de Silva *et al* (2017). A amostra sofreu o pré-enriquecimento em BPW (Caldo Água Peptonada Tamponada, composição: Triptona - 10,0; Cloreto de Sódio - 5,0; Fosfato Dissódico - 3,5; Fosfato Monopotássico -1,5), na proporção de 25 g de amostra para 225 mL de meio de cultura. Posteriormente o caldo contendo a amostra foi incubado a 37 °C por 18 a 24 horas. Essa etapa teve como objetivo recuperar células de *Salmonella spp.* que estavam em estado de estresse ou lesionada, permitindo que se multipliquem antes da exposição a meios seletivos.

Após a etapa de pré-enriquecimento, o próximo passo foi o enriquecimento seletivo. Nessa etapa, foram transferidas alíquotas de 0,1 ml da cultura para 10 ml de Caldo Rappaport-Vassiliadis (RV), caldo específico para essa análise, e, também, 1 ml da cultura para 10 ml de Caldo Tetrionato (TT), que respectivamente foram incubados a 41,0° C/ 24h e 35,0° C/ 24h em estufa.

Essa etapa teve como objetivo favorecer o crescimento da bactéria e inibir o desenvolvimento de microrganismos competidores. Esses meios possuem substâncias seletivas que restringem o crescimento de bactérias não desejadas, proporcionando condições ideais para o desenvolvimento de *Salmonella spp.* e permitindo sua posterior detecção e isolamento.

Após 24h de enriquecimento seletivo, foi realizado o plaqueamento em meios diferenciais vertidos em placas, com o objetivo de isolar colônias características de *Salmonella spp.* A partir da semeadura nos caldos seletivos, foi feito o repique da amostra, utilizando a técnica de estriamento nas superfícies dos meios Ágar XLD (Xilose Lisina Desoxicolato) e Ágar HE (Hektoen Enteric). Após o estriamento, as placas foram incubadas a 35°C por 24 horas em estufa, para garantir o desenvolvimento de colônias típicas, em que geralmente possui um centro escurecido devido à produção de sulfeto de hidrogênio (H₂S) e coloração clara ou incolor ao redor, características indicativas de *Salmonella spp.* E assim, em caso de colônias suspeitas, essas são então selecionadas para as etapas seguintes de confirmação bioquímica e sorológica.

As colônias suspeitas de *Salmonella spp.* isoladas nos meios de plaqueamento diferencial foram submetidas a testes bioquímicos de confirmação, no qual foi possível identificar as características metabólicas específicas do microrganismo. Desse modo, foram utilizados os meios TSI (Triple Sugar Iron Agar) e LIA (Lysine Iron Agar) para identificação de contaminação por *Salmonella spp.*

4.1.3 Detecção de *Escherichia coli* de acordo com a ISO 16649-2:2002

A detecção e quantificação de *Escherichia coli*, nas amostras de produtos cárneos, foram realizadas de acordo com a norma ISO 16649-2:2002 utilizando o meio Ágar Triptona Bile Glucurônico (TBX). Inicialmente, foram pesados asepticamente, em fluxo laminar, 25 g de cada amostra para frascos estéreis contendo 225 mL de Água Peptonada, realizando-se a homogeneização para obtenção da diluição inicial 10⁻¹.

Em seguida, foi realizada a inoculação pelo método *pour plate*, método conhecido como plaqueamento em profundidade, que consiste na inoculação conjunta do produto (previamente inativado ou não) em placa de petri junto com meio de cultura fundido. Foi utilizada uma alíquota de 1 mL da amostra em placas de petri estéreis, às quais foram adicionadas 15mL de meio TBX fundido e resfriado a 45 °C. Após homogeneização e solidificação, as placas foram incubadas em estufa a 44 ± 1 °C por 24 horas em estufa, em posição invertida. Dessa forma, após o seu tempo de incubação foi possível obter o resultado para ser expresso em Unidades Formadoras de Colônia por grama de amostra (UFC/g).

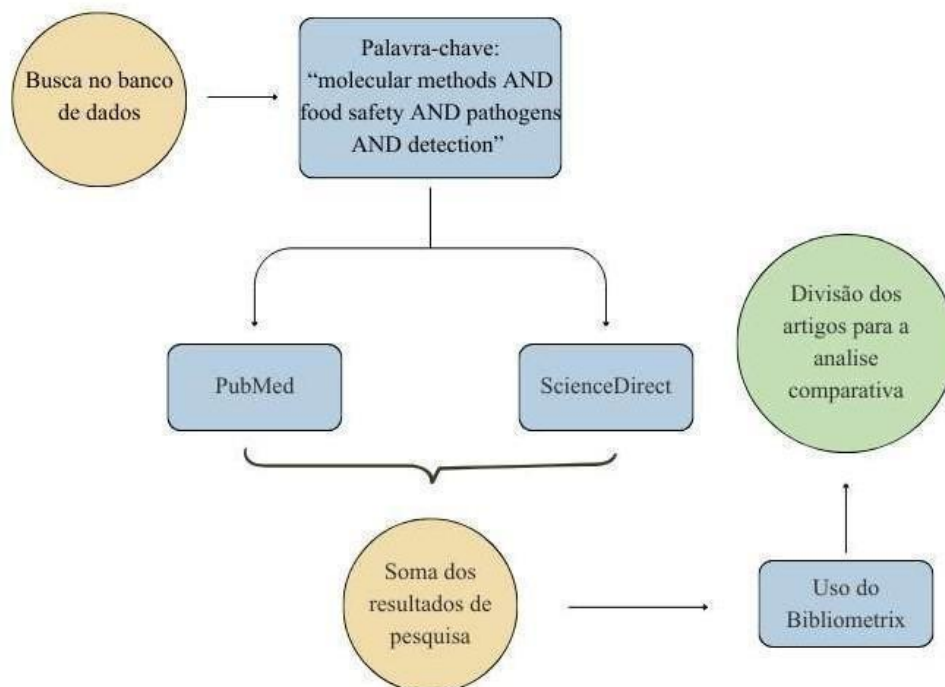
4.2 Levantamento Bibliográfico

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, com o objetivo de reunir e analisar informações científicas sobre a presença e detecção de *Salmonella spp.* e *E. coli* em produtos cárneos, por meio de técnicas moleculares. A pesquisa foi embasada em artigos científicos, dissertações, teses e publicações oficiais disponíveis em bases de dados eletrônicas, como ScienceDirect e PubMed. Foram incluídos estudos publicados entre 2006 a 2026, que apresentavam dados relevantes ao tema, com a entrada das palavras-chave “molecular methods AND food safety AND pathogens AND detection” no mecanismo de busca, destacados na Figura 4.

As principais buscas foram importadas para o programa de software chamado Bibliometrix, uma ferramenta integrada ao RStudio utilizado para realizar análises bibliométricas. O recurso é gratuito, e permite interpretar e estruturar os dados por meio de diversas representações visuais. Após a seleção, as informações foram organizadas de forma descritiva e comparativa, visando destacar os principais achados sobre a ocorrência e os métodos moleculares de detecção de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* em produtos cárneos.

Dessa forma, dentre o total de artigos pesquisados, foram selecionados manualmente entre as publicações, 9 artigos científicos no banco de dados PubMed e 22 artigos no Sciencedirect, para que fosse possível fazer a análise comparativa dos métodos moleculares para a discussão dos resultados.

Figura 4: Fluxograma de resultados para o levantamento bibliográfico.



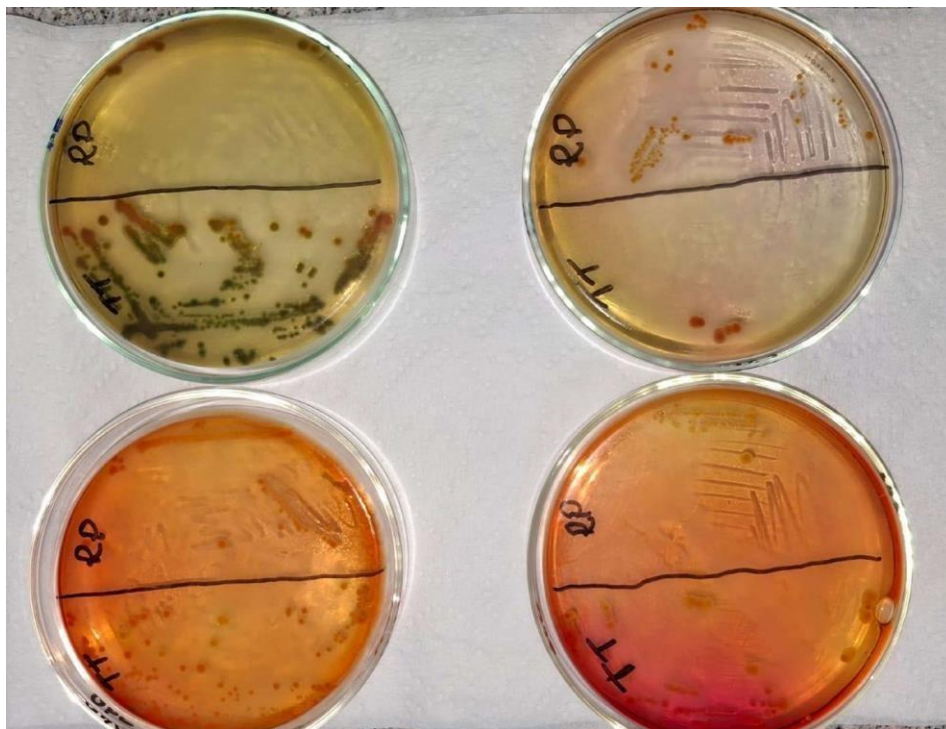
Fonte: Autoria Própria, 2025.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Detecção de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* por método convencional

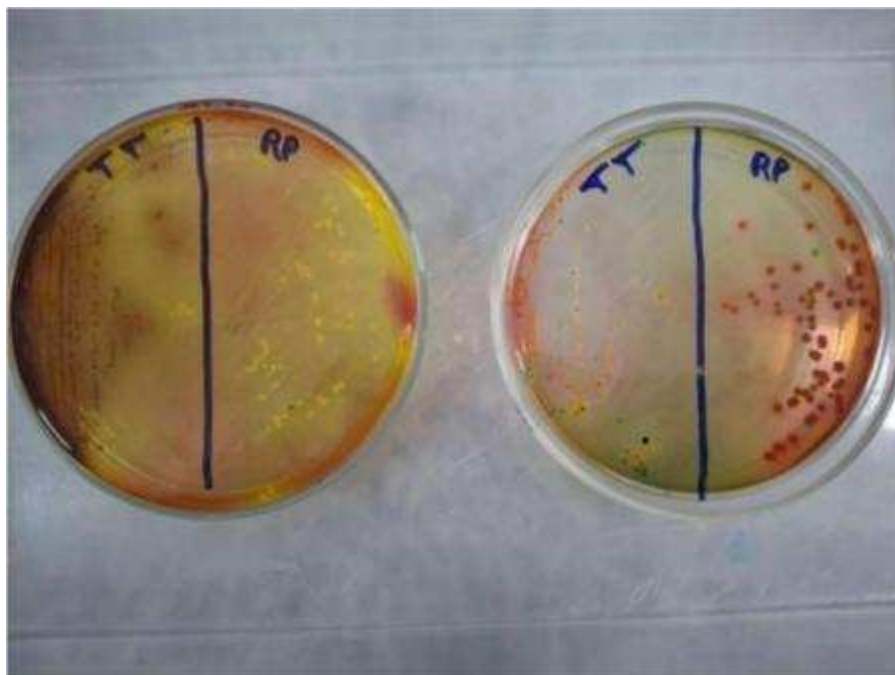
Optou-se por um plano amostral de $n=3$ devido à natureza experimental do estudo, mantendo, os procedimentos analíticos descritos na legislação vigente. Sabendo disso, os resultados obtidos das três unidades amostrais analisadas por meio de análises microbiológicas convencionais do produto cárneo em questão mostraram ausência de colônias típicas de *Salmonella spp.* e de *Escherichia coli* nos meios sólidos seletivos utilizados. Sendo detectado apenas o crescimento de colônias atípicas de *Salmonella spp.* em duas unidades amostrais (Figura 5) e uma colônia suspeita na terceira unidade amostral (Figura 6).

Figura 5: Colônias atípicas de *Salmonella spp.* em meios diferenciais, o XLD e o HE, em duas unidades amostrais.



Fonte: Aatoria Própria, 2025.

Figura 6: Colônia típica de *Salmonella spp.* identificada no meio de cultura HE.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Para *Salmonella spp.*, a detecção seguiu as etapas clássicas recomendadas pela ISO 6579-1:2017, iniciando com o pré-enriquecimento e, em seguida, foi realizado o isolamento da colônia típica em ágar seletivo. Sendo assim, após 24h de incubação a 35°C, as amostras incubadas em meios diferenciais apresentaram colônias atípicas em duas unidades amostrais e apenas em uma unidade foi verificado a presença de colônias típicas de *Salmonella spp.* Visto que, para o ágar XLD, as amostras produziram cepas de *Salmonella* H₂S negativa (colônias de cor rosa). Por sua vez, o ágar HE apresentou o mesmo resultado para duas amostras com colônias atípicas fermentadoras de lactose ou sacarose de cor salmão.

Figura 7: Colônia típica de *Salmonella spp.* amplificada.



Fonte: Aatoria Própria, 2025.

Já para a terceira unidade amostral, estriada em ágar HE, foi possível verificar colônias verde-azuladas com centro preto, características de cepas suspeitas de *Salmonella spp.* em meio diferencial. Sendo assim, após 24h de incubação a 35°C, as amostras incubadas em meios diferenciais apresentaram colônias atípicas em duas unidades amostrais e apenas em uma unidade foi verificado a presença de colônias típicas de *Salmonella spp.*

Diante disso, a colônia suspeita foi repicada em meio TSI, que avalia a fermentação de glicose, lactose e sacarose, além da produção de gás e de sulfeto de hidrogênio (H₂S) e, em meio LIA que verifica a descarboxilação da lisina e a produção de H₂S. Sabendo disso, a análise detectou que nenhuma cultura apresentou reação típica em meio TSI e meio LIA, confirmando o resultado de ausência para *Salmonella spp.* (Figura 8).

Figura 8: Tubos contendo os meios TSI (à esquerda) e LIA (à direita) utilizados na detecção de *Salmonella spp.*



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Entretanto, em algumas situações, as colônias podem não expressar completamente essas reações bioquímicas, levando a resultados falso-negativos, mesmo tratando-se de *Salmonella spp.* Essa ausência de reações típicas pode estar relacionada a:

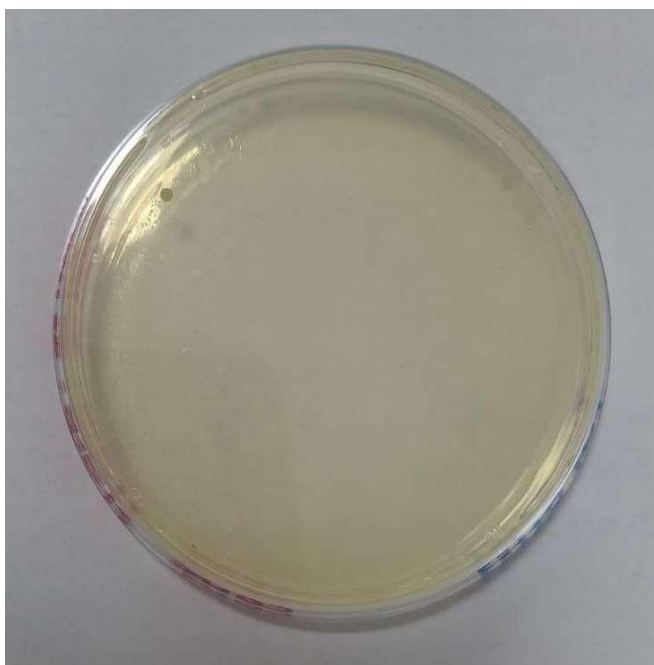
- Baixa viabilidade celular, decorrente do envelhecimento das colônias ou estresse térmico;
- Crescimento lento ou inibição parcial devido à seletividade dos meios de isolamento utilizados anteriormente, como o XLD e HE;
- Condições de incubação inadequadas, como temperatura, tempo insuficiente ou desbalanceamento de pH do meio (Fernandes, 2016; Gouveia *et al*, 2012).

De acordo com Rissato *et al* (2011), amostras presuntivas de *Salmonella spp.* podem perder parte de suas características metabólicas típicas após o isolamento em meios altamente seletivos, resultando em ausência de produção de H₂S ou não descarboxilação da

lisina em LIA. Assim, uma colônia que genuinamente pertence ao gênero *Salmonella* pode ser descartada erroneamente na etapa bioquímica.

Nos métodos convencionais para detecção de *E. coli*, os resultados foram obtidos por meio do isolamento e identificação presuntiva das colônias em meios seletivos e diferenciais, detectando ausência do microrganismo. Foi empregada a metodologia descrita na ISO 16649-2:2002, para contagem de colônias características de cor azul-esverdeada, após incubação a 44 °C por 24 h.

Figura 9: Placa contendo meio TBX, com contagem igual a 0 de cepas de *E. coli*.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Resultados negativos em análises convencionais podem estar relacionados a fatores intrínsecos da amostra e limitações do método de cultura. Entre as principais causas destacam-se a presença de células em estado viável, porém não cultivável (VBNC), a baixa concentração inicial do micro-organismo ou ainda a ação de sanitizantes e condições de estresse ambiental que podem comprometer a viabilidade celular (Rissato *et al*; 2011; Fernandes, 2016).

As análises microbiológicas realizadas nas amostras de alimentos durante o período de vivência em laboratório apresentaram resultados satisfatórios, com ausência de microrganismos patogênicos e indicadores em todas as amostras avaliadas. Os microrganismos pesquisados tiveram como resultado, para o parâmetro de *Salmonella spp.*, ausência em 25g, e para as demais técnicas, 0 UFC/g destacando a ausência também desse microrganismo. A interpretação dos resultados foi realizada com base na Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 724, de 1º de julho de 2022, da ANVISA, que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados microbiológicos obtidos das análises convencionais. De acordo com os padrões estabelecidos pela RDC n.º 724/2022 para alimentos semielaborados.

Parâmetros	RESULTADOS					RDC n.º 724 de 1º de julho de 2022			
	N1	N2	N3	N4	N5	n	c	m	M
<i>Escherichia coli</i>	<1	<1	<1	<1	<1	5	2	10	20
<i>Salmonella spp.</i>	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	5	0	Aus	-

Fonte: Autoria Própria, 2025.

De acordo com os critérios estabelecidos pela RDC n.º 724, de 1º de julho de 2022, a tabela apresenta os resultados das análises microbiológicas analisadas. Para *Escherichia coli*, todas as amostras apresentaram valores inferiores a 1 UFC/g, indicando ausência ou níveis abaixo do limite de quantificação do método. Esses resultados estão bem abaixo dos padrões determinados pela legislação, que estabelece $m = 10$ UFC/g como limite aceitável e $M = 20$ UFC/g como limite máximo tolerado, podendo até duas amostras ultrapassar o valor m sem comprometer a conformidade.

Para *Salmonella spp.*, todas as cinco amostras apresentaram ausência do patógeno, atendendo integralmente ao requisito da RDC 724/2022, que determina que o microrganismo deve estar ausente em todas as unidades amostrais analisadas ($c = 0$).

Dessa forma, de acordo com os critérios legais vigentes, todas as amostras analisadas encontram-se em conformidade com os padrões microbiológicos exigidos, evidenciando adequação higiênico-sanitária do produto avaliado e demonstrando que o produto está apto para o consumo seguro.

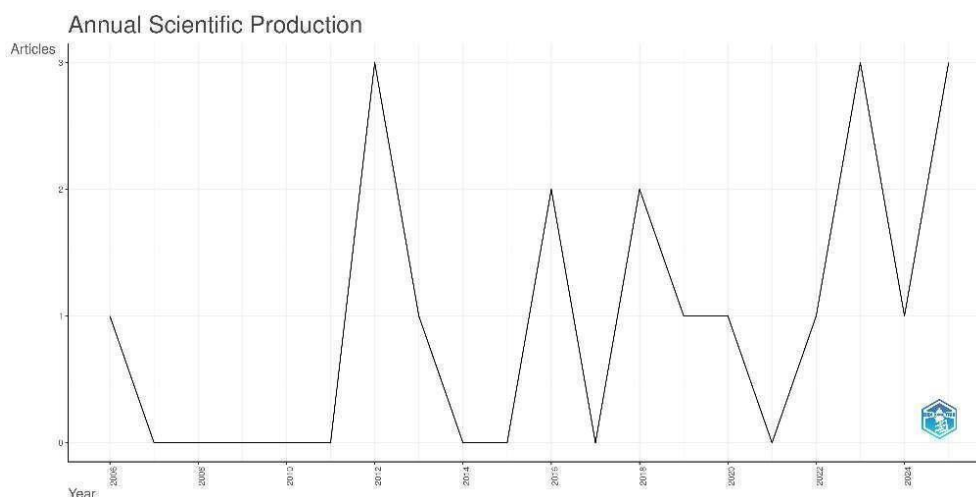
5.2 Software Bibliometrix

Para a etapa dedicada aos métodos moleculares, a busca nos bancos de dados resultou em um total significativo de publicações relevantes. No PubMed, foram identificados 142 artigos, enquanto no ScienceDirect a busca retornou 423 resultados. Todos os artigos selecionados foram posteriormente importados para o software Bibliometrix, que permitiu realizar a análise bibliométrica do conjunto. A ferramenta forneceu um panorama detalhado das produções ao longo dos anos, bem como identificou os países que mais contribuíram cientificamente para o tema, possibilitando uma visão ampla da evolução e da distribuição dessas pesquisas.

5.2.1 Análise quantitativa das publicações selecionadas

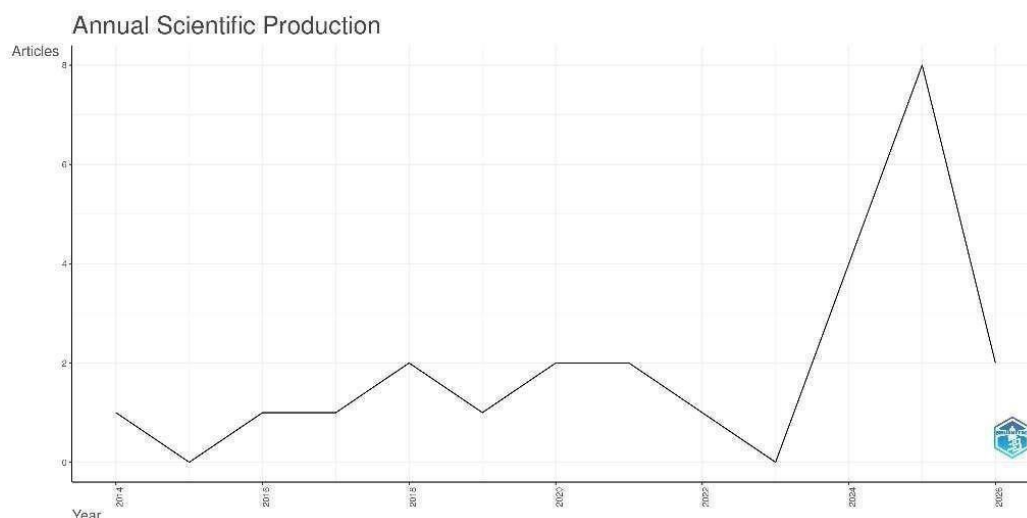
O número final total de publicações encontradas foi de 565 artigos com os devidos filtros selecionados. Para este tema foi usado um período de busca entre 2006 a 2026 (Figura 10 e 11).

Figura 10: Produção Anual científica segundo os artigos selecionados no PubMed pelo software Bibliometrix.



Fonte: Bibliometrix, 2025.

Figura 11: Produção Anual científica segundo os artigos selecionados no ScienceDirect pelo software Bibliometrix.



Fonte: Bibliometrix, 2025.

No ano de 2006, o artigo publicado por Valerie M. Bohaychuk visava compreender eficácia e a aplicação de métodos rápidos, como ELISA e PCR, para a detecção de microrganismos patogênicos em produtos de carne e aves. O objetivo foi avaliar o desempenho desses métodos em comparação às técnicas tradicionais de cultura, considerando aspectos como sensibilidade, especificidade e limite de detecção, para facilitar o controle e a garantia da segurança alimentar. Os resultados obtidos, a partir desse artigo, mostraram que o método por ELISA apresentou 100% de sensibilidade na detecção dos patógenos, enquanto o PCR apresentou 80%. Contudo, o artigo ressalta que esses testes devem ser utilizados de forma complementar às técnicas convencionais, especialmente diante de possíveis resultados falso-positivos ou falsos negativos, para garantir a segurança alimentar de forma eficiente.

Ainda se observam os mesmos ensaios moleculares aplicados a diferentes produtos alimentícios, com a utilização da PCR, além disso o estudo demonstrou um avanço no uso de biossensores como método de detecção molecular de patógenos. Nesse contexto, verificou-se um aumento significativo dessas duas técnicas no número de publicações entre 2022 e 2026 (Tabela 2), conforme destacado nos dois bancos de dados analisados.

Tabela 2: Métodos moleculares identificados nos artigos selecionados.

Métodos moleculares identificados nos artigos selecionados.			
Artigos	Tipos de métodos moleculares	Autor	Ano
"Sampling and testing for pathogens in food: finding the needle in a haystack and the impact of the food microbiome."	PCR- qPCR	Heidy M. W. den Besten	2025
"The low-cost multi-channel biosensor for the quick detection of different food pathogens."	Biossensor - Biossensor Colorimétrico	M. Jeyaraman <i>et al.</i>	2025
"Molecular Methods for Identification and Quantification of Foodborne Pathogens."	PCR- mPCR	Yuan Li	2022
"Rapid detection methods for foodborne pathogens based on nucleic acid amplification: Recent advances, remaining challenges, and possible opportunities."	PCR convencional/ PCR- qPCR	Han-Jia Lin	2023
"Molecular Methods for Identification and Quantification of Foodborne Pathogens."	PCR - mPCR	Yuan Li	2022
"Bacteriophage-Based Biosensors: A Platform for Detection of Foodborne Bacterial Pathogens from Food and Environment."	Biossensor- Biossensores Eletroquímicos	Rashad R. Al-Hindi	2022
"Biosensors for rapid detection of bacterial pathogens in water, food and environment."	PCR- qPCR	Zhugen Yang	2022
"Molecular Detection of <i>Salmonella</i> ."	PCR- qPCR e mPCR	H. Fu <i>et al.</i>	2025
"Enhancing food safety: A systematic review of electrochemical biosensors for pathogen detection – advancements, limitations, and practical challenges."	Biossensor- Biossensores Eletroquímicos	Engku Nur Syafirah Engku Abd Rahman	2026

Fonte: Aatoria Própria, 2025.

Entre os trabalhos selecionados, um estudo realizado por Rahman *et al* (2026), sobre o uso de biossensores eletroquímicos destacou-se como uma das metodologias mais recorrentes nas publicações recentes. Essa abordagem baseia-se na integração de bioreceptores a transdutores eletroquímicos, permitindo a detecção sensível, rápida e precisa de patógenos transmitidos por alimentos. Por outro lado, no trabalho de H. Fu *et al* (2025), destaca-se claramente qual é o principal método molecular utilizado mundialmente para a detecção de patógeno, a PCR em tempo real (qPCR).

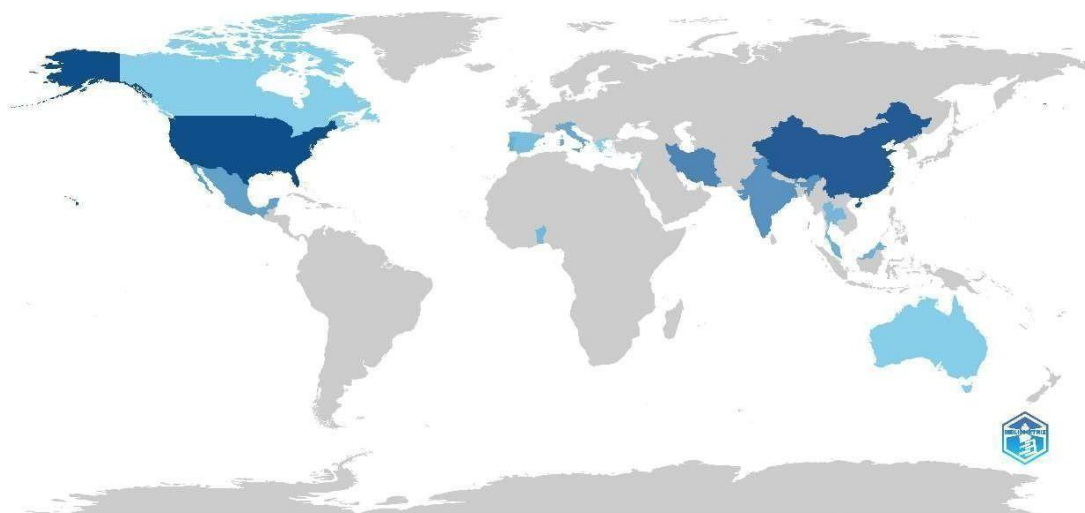
O texto do estudo reafirma que a qPCR permanece como o método molecular padrão-ouro para detecção, por oferecer precisão, rapidez e elevada confiabilidade na identificação do patógeno e de genes de resistência antimicrobiana (H. Fu *et al.*, 2025).

5.2.2 Produção Científica por País

Em relação à contribuição mundial para os estudos sobre este assunto, na Figura 12 é possível identificar os países que mais se destacaram como as maiores quantidades de publicações sobre o estudo de detecção de patógenos em produtos alimentícios usando métodos moleculares (Figura 12).

Figura 12: Mapa mundial da distribuição de publicações por país, de acordo com os filtros selecionados no software Bibliometrix. Fonte: Bibliometrix, 2025.

Country Scientific Production



Fonte: Bibliometrix, 2025.

O mapa acima evidencia que os estudos selecionados nesta revisão são provenientes, em sua maioria, de países que possuem uma ampla estrutura de pesquisa e, também, uma forte atuação na área de microbiologia de alimentos. Portanto, regiões como a América do Norte, a Europa e a Ásia concentram o maior número de publicações e estudos sobre a detecção molecular de *Salmonella spp.* e *E. coli*, dessa forma, demonstrando o avanço e a disseminação de técnicas moleculares no controle de qualidade dos alimentos. Além disso, reforça a preocupação global de pesquisas na área, além de destacar a importância crescente de métodos que garantem a segurança dos alimentos.

5.2.3 *Artigos Selecionados de acordo com os tipos de ensaios moleculares*

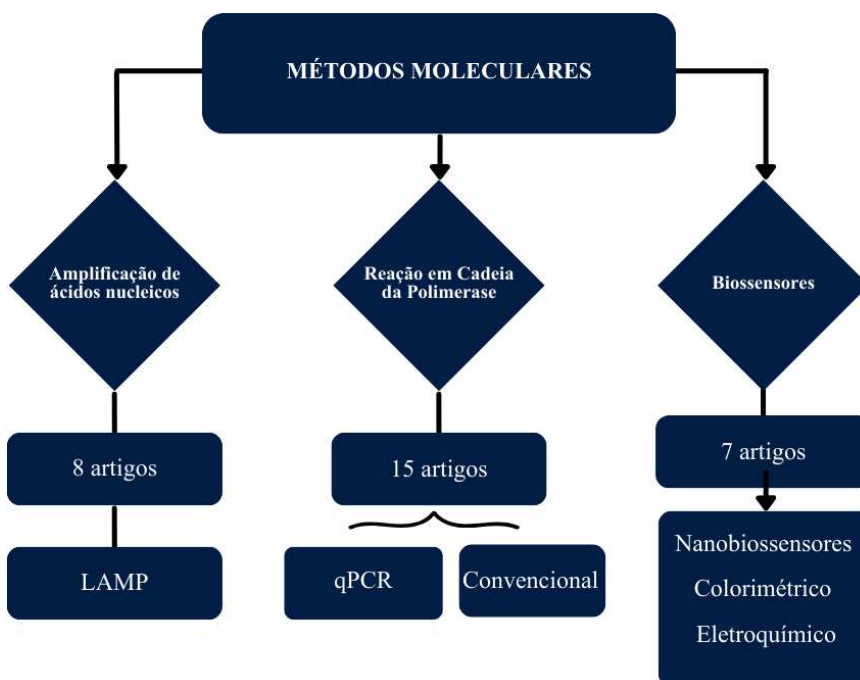
A análise dos artigos selecionados (9 artigos científicos no banco de dados PubMed e 22 artigos no Sciencedirect), evidenciou uma predominância de técnicas moleculares utilizadas para a detecção de patógenos em produtos alimentícios, para garantir a segurança alimentar, com destaque para métodos baseados na amplificação de ácidos nucleicos e na reação em cadeia da polimerase (PCR). Entre os trabalhos avaliados, oito estudos empregaram técnicas de amplificação de ácidos nucleicos, contemplando variações como a amplificação isotérmica e abordagens específicas, incluindo LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification). Essa técnica o LAMP permite a amplificação rápida, altamente específica e eficiente do DNA, produzindo uma grande quantidade de cópias em menos de uma hora. Essa é uma técnica inovadora de amplificação de DNA que ocorre sob condições isotermais (Notomi, T. *et al*, 2000).

O método PCR (reação em cadeia da polimerase) foi o mais recorrente, aparecendo em 15 artigos. Dentro desse grupo, os estudos utilizaram tanto a PCR convencional, aplicada principalmente para o simples diagnóstico da presença do material genético do patógeno, quanto a qPCR (quantitative polymerase chain reaction), incluindo variações como qPCR multiplex, que combina a amplificação de um alvo (sequência de DNA-alvo) com a quantificação da concentração dessa espécie de DNA na reação. Essa predominância demonstra a robustez, sensibilidade e confiabilidade das técnicas baseadas em PCR, que continuam sendo referência na detecção molecular de microrganismos.

Como também, os biossensores tiveram representatividade, sendo citados em sete artigos. Dentro desse conjunto, foram identificadas três principais técnicas: biossensores colorimétricos, que apresentam mudanças visuais perceptíveis decorrentes da interação com o patógeno; biossensores eletroquímicos, que medem alterações de corrente ou potencial elétrico geradas pela reação; e nanobiossensores, que utilizam nanomateriais para aumentar a sensibilidade e especificidade da detecção. A presença desses dispositivos evidencia o avanço de tecnologias alternativas, rápidas e de baixo custo, especialmente úteis em triagens e monitoramento em tempo real.

Por fim, três artigos empregaram o método ELISA (Imunoensaio Enzimático), técnica imunológica amplamente estabelecida na detecção de antígenos ou anticorpos. Embora menos recorrente que os métodos moleculares, o ELISA ainda se destaca por sua especificidade e aplicabilidade em análises de rotina, especialmente quando há necessidade de confirmar a presença de componentes estruturais do patógeno. Todos representados na Figura 13.

Figura 13: A figura representa os ensaios moleculares mais recorrentes para a detecção de patógenos em alimentos.



Fonte: Autoria Própria, 2025.

Em conjunto, os resultados apontam que os métodos de detecção mais observados nos artigos selecionados foram aqueles baseados na amplificação de ácidos nucleicos e na PCR, seguidos pelos biossensores e pelo ELISA. Cada técnica apresenta vantagens e métodos específicos que contribuem para a precisão, rapidez e confiabilidade das análises voltadas à segurança alimentar e ao monitoramento microbiológico.

5.2.4 Comparação entre os métodos de detecção

Para a análise comparativa, a PCR foi selecionada como técnica de referência, por ser o método molecular mais recorrente e amplamente empregado entre os artigos avaliados. Diante disso, embora o método convencional continue sendo o padrão regulatório, a PCR se mostra mais eficiente, rápida e precisa, especialmente para o monitoramento preventivo de contaminações bacterianas. Sua aplicação rotineira pode contribuir para o fortalecimento da vigilância sanitária e redução das doenças transmitidas por alimentos, representando um avanço significativo para o controle de qualidade microbiológica na indústria cárnea.

Segundo R. Gordillo *et al* (2011), o seu estudo foi baseado na técnica de PCR multiplex, no qual possibilitou a detecção de *E. coli* em aproximadamente 10 horas. Esse tempo incluiu uma etapa otimizada de enriquecimento seletivo de 6 horas, que aumenta significativamente a sensibilidade da análise. Métodos moleculares, como a PCR, destacam-se por oferecer identificação rápida e precisa dos isolados, representando uma alternativa essencial para o monitoramento microbiológico em alimentos. O estudo reforça que a PCR é um método rápido, confiável e adequado para análises de segurança alimentar, permitindo a detecção sensível de *E. coli* em produtos cárneos. A técnica contribui para triagens eficientes, garantindo baixos níveis do patógeno e apoiando programas de controle.

Além disso, de acordo com W.H. Chin *et al* (2017), usando PCR também para a detecção de patógenos, como a *Salmonella spp.*, foi possível demonstrar alta eficiência para análises rápidas em alimentos, reduzindo o tempo de reação para apenas 43 minutos, a técnica se mostra adequada para aplicações industriais e regulatórias, atendendo à demanda por métodos rápidos e multiplexados para triagem online ou in loco. Além disso, apresentou forte concordância com o método padrão ISO 6579, com acurácia relativa de 98,8%, sensibilidade de 97,6% e especificidade de 100%.

Ao reduzir o tempo de obtenção de resultados de dias para horas, a PCR funciona como um sistema de alerta rápido, permitindo intervenções imediatas e eficazes na cadeia produtiva. Essa agilidade fortalece as ações de prevenção e controle, contribuindo diretamente para a garantia da segurança alimentar.

No entanto, as técnicas moleculares demandam equipamentos de maior valor, como termocicladores e sistemas de eletroforese, além de reagentes específicos e mão de obra especializada (Myint *et al*, 2006; Zhang *et al*, 2015). O custo médio de implantação de um laboratório molecular pode ser de 3 a 5 vezes superior ao de um laboratório convencional, devido ao preço dos insumos e manutenção dos equipamentos. Ainda assim, estudos destacam que o investimento inicial é compensado pela redução do tempo de análise, economia de reagentes e maior eficiência operacional em médio a longo prazo (Fortuna *et al*, 2014; Fernandes, 2016).

Tabela 3: A tabela demonstra a comparação de resultados. Método Convencional VS. Método Molecular (PCR).

Característica	Método Convencional	Método Molecular (PCR/qPCR)
Tempo total de análise	1 a 5 dias	6 a 8 horas
Sensibilidade	Moderada	Alta
Especificidade	Boa	Muito alta
Custo operacional	Baixo	Médio a alto
Equipamentos necessários	Básicos: estufa, autoclave, vidrarias e outros.	Termociclador, micropipetas, gel de eletroforese
Aplicabilidade legal	Aceito por legislações (MAPA, ANVISA)	Complementar, uso crescente em pesquisas
Deteção de células não cultiváveis	Não detecta	Detecta
Indicação de uso	Confirmação microbiológica	Triagem e monitoramento rápido

Fonte: Autoria Própria, 2025.

Segundo Freitas E.I. *et al* (2006), a PCR garante rapidez seletividade e bom limite de detecção, entretanto existem algumas variáveis quanto ao alto custo de investimentos tecnológicos e necessidade de instruções padronizadas para a sua aplicação no laboratório. Além disso, existe a possibilidade de um laboratório voltado para análises microbiológicas que deve incluir um espaço organizado especificamente para suas diferentes funções, assim como equipamentos especializados para a análise em PCR. A capacitação de pessoal é também necessária. A formação adequada dos profissionais é indispensável para assegurar a confiabilidade dos resultados e o desempenho eficiente de técnicos e analistas. É necessário que esses colaboradores recebam instruções sobre procedimentos analíticos, bem como sobre a correta preparação dos materiais e insumos utilizados para a análise laboratorial desse método.

Segundo Franco; Landgraf, (2008) a escolha da metodologia a ser adotada na análise microbiológica de qualquer produto deve seguir parâmetros como: tempo de análise; custo e precisão; uso de métodos pelos órgãos oficiais e pela comunidade científica. Assim, o principal objetivo é verificar a exatidão dos dados obtidos, incluindo a garantia de boas práticas laboratoriais para a análise microbiológica.

Conclui-se que as técnicas moleculares (PCR) são métodos viáveis e eficientes para o monitoramento microbiológico de produtos cárneos, rápidos e sensíveis para detecção de patógenos como *Salmonella spp.* e *E. coli*, podendo complementar ou substituir o método convencional em fiscalizações e rotinas laboratoriais, contribuindo para a prevenção de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's). Contudo, a principal limitação é o custo dos reagentes e a necessidade de equipamentos específicos, embora o avanço tecnológico tenha tornado o método cada vez mais acessível e aplicável em laboratórios de rotina.

Diante disso, a integração entre métodos convencionais e moleculares constitui a estratégia mais eficiente para a detecção de patógenos em alimentos. Enquanto os métodos clássicos garantem confiabilidade, padronização e base legal, as técnicas moleculares agregam rapidez e maior sensibilidade, possibilitando diagnósticos precoces e contribuindo para ações mais eficazes de prevenção de surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's). Assim, o uso combinado dessas metodologias fortalece o sistema de vigilância sanitária e contribui para uma produção de alimentos mais segura, eficiente e alinhada aos avanços tecnológicos atuais.

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi possível realizar um levantamento das principais técnicas utilizadas para detecção de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* em alimentos e comparar métodos convencionais e moleculares, evidenciando suas diferenças, potencialidades e limitações. O estudo de caso realizado com métodos convencionais demonstrou que todas as amostras avaliadas se encontravam em conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, apresentando ausência de *Salmonella spp.* e valores inferiores ao limite de quantificação para *E. coli*. O estudo mostrou que métodos convencionais ainda são os mais empregados para avaliar a conformidade alimentar, reforçando a importância e a eficácia das técnicas clássicas baseadas em cultivo, que continuam sendo o padrão regulatório devido à confiabilidade, baixo custo e capacidade de identificar células viáveis.

A análise bibliográfica revelou que os métodos moleculares, especialmente a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), apresentam vantagens significativas quanto à rapidez, sensibilidade e especificidade. Apesar dos avanços, ainda há a necessidade de padronização de protocolos e de validação internacional, sobretudo quando se busca implementar novas técnicas de análise em diferentes matrizes alimentares, um processo que demanda tempo e custos.

REFERÊNCIAS

ABEBE, Engidaw; GUGSA, Getachew; AHMED, Meselu. Review on major food-borne zoonotic bacterial pathogens. *Journal of Tropical Medicine*, v. 2020, p. 1–19, 29 jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/4674235>.

ADHIKARI, Sanjib *et al.* Multidrug resistance, biofilm formation and detection of *bla*CTX-M and *bla*VIM genes in *Escherichia coli* and *Salmonella* isolates from chutney served at the street-food stalls of Bharatpur, Nepal. *Heliyon*, v. 9, n. 5, p. e15739, maio de 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15739>.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Gerência de Avaliação de Risco e Eficácia de Alimentos*. 3. ed. Brasília: ANVISA, 2021. p. 76.

AJAY, G. *et al.* A novel duplex qPCR-HRMA technique for simultaneous detection of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella typhimurium* in meat products. *Food Chemistry*, v. 474, p. 143245, fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143245>.

AL-HINDI, Rashad R. *et al.* Bacteriophage-based biosensors: a platform for detection of foodborne bacterial pathogens from food and environment. *Biosensors*, v. 12, n. 10, p. 905, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/bios12100905>.

ARAÚJO, Francisca Raquel Vieira de *et al.* Estudo da detecção de *Salmonella* spp. em alimentos comercializados na cidade de Fortaleza-CE através de método molecular (qPCR) e método convencional. *Nutrivisa – Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde*, v. 11, n. 1, p. e12262, 2024. DOI: <https://doi.org/10.59171/nutrivisa-2024v11e12262>.

BEJ, A. K. *et al.* Detection of *Escherichia coli* and *Shigella* spp. in water by using the polymerase chain reaction and gene probes for *uid*. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 57, n. 4, p. 1013–1017, abr. 1991.

BOHAYCHUK, Valerie M. *et al.* Evaluation of detection methods for screening meat and poultry products for the presence of foodborne pathogens. *Journal of Food Protection*, v. 68, n. 12, p. 2637–2647, dez. 2005.

BRASIL. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017**. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 50, 29 mar. 2017.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 6 jul. 2022.

CAVALCANTE, Hellen Thawane Martins *et al.* Métodos microbiológicos aplicados ao controle de qualidade de produtos de origem animal. In: MARTINS, Wiaslan Figueiredo (org.). *Métodos microbiológicos tradicionais e avançados para a segurança de alimentos*. 1. ed. [S.l.]: Editora Científica Digital, 2025. p. 80–99.

CESEWSKI, Ellen; JOHNSON, Blake N. Electrochemical biosensors for pathogen detection. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 159, p. 112214, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112214>.

CHEN, Bozhou *et al.* Ultrasensitive monoclonal antibody-based *Salmonella* detection through fluorescence single bacterial cell imaging selectively enhanced by tyramide signal amplification. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 105, p. 104229, out. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2025.104229>.

CHEN, Chin-Yi *et al.* Multiplexed detection of *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter* and *Listeria* in raw poultry. *Foods*, v. 14, n. 7, p. 1137, 25 mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14071137>.

CHEN, Yibao *et al.* Novel receptor-binding protein from phage PJNS004 for sensitive detection of *Salmonella*. *Food Chemistry*, v. 488, p. 144921, maio 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144921>.

CHIN, Wai Hoe *et al.* Direct PCR: a rapid method for multiplexed detection of different serotypes of *Salmonella* in enriched pork meat samples. *Molecular and Cellular Probes*, v. 32, p. 24–32, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2016.11.004>.

COSSETTINI, Alessia *et al.* Rapid detection of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Campylobacter* spp. and *Escherichia coli* in food using biosensors. *Food Control*, v. 137, p. 108962, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108962>.

CUI, Jiaqi *et al.* Rapid quantitative real-time analysis and visual detection of *Escherichia coli* in meat by direct PMAxx-VPCR. *Food Control*, v. 180, p. 111663, ago. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111663>.

DA SILVA, Neusely *et al.* *Escherichia coli* O157:H7. In: _____ (org.). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 1. ed. digital. São Paulo: Blucher, 2017. cap. 17, p. 253–262.

DA SILVA, Neusely *et al.* *Salmonella*. In: _____ (org.). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 1. ed. digital. São Paulo: Blucher, 2017. cap. 19, p. 291–323.

DE ALMEIDA, Cristiane Barbosa. Análise comparativa entre isolamento microbiológico convencional e PCR para detecção de *Salmonella* spp. em produtos cárneos. [S.l.: s.n.], [s.d.].

DEN BESTEN, Heidy M. W.; MENTANI, Johanna; ZWIETERING, Marcel H. Sampling and testing for pathogens in food: finding the needle in a haystack and the impact of the food microbiome. *Current Opinion in Food Science*, v. 65, p. 101332, out. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2025.101332>.

ENGKU ABD RAHMAN, Engku Nur Syafirah *et al.* Enhancing food safety: a systematic review of electrochemical biosensors for pathogen detection – advancements, limitations and practical challenges. *Food Control*, v. 179, p. 111603, jun. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111603>.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza (org.). Métodos de análise. In: *Microbiologia de alimentos*. 1. ed. digital. São Paulo: Atheneu, 2016. cap. 10, p. 165–176.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza (org.). Microrganismos patogênicos de importância em alimentos. In: *Microbiologia de alimentos*. 1. ed. digital. São Paulo: Atheneu, 2016. cap. 4, p. 33–82.

FREITAS, Elaine Ibrahim de; LEMOS, Anderson Almeida de; MARIN, Victor Augustus. Validação de métodos alternativos qualitativos na detecção de patógenos alimentares. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 11, n. 4, p. 1073–1083, dez. 2006.

FRÖDER, Hans *et al.* Rapid detection of *Salmonella* Enteritidis and *S. Typhimurium* serotypes and characterization of flagellar variants using real-time PCR. *Food Microbiology*, v. 133, p. 104900, ago. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104900>.

FU, Hongjian *et al.* Molecular detection of *Salmonella*. *Journal of Food Protection*, v. 88, n. 12, p. 100659, dez. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2025.100659>.

FU, Tong-Jen *et al.* Comparison of commercial test kits for detection of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 in alfalfa spent sprout irrigation water. *Journal of AOAC International*, v. 105, n. 4, p. 1092–1104, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsac008>.

GANDRA, Eliezer Ávila; GANDRA, Tatiane Kuka Valente. Técnicas moleculares aplicadas à microbiologia de alimentos. *Higiene Alimentar*, v. 30, n. 1, 2008.

GÁSPARO, Rafaela Regina; CASAGRANDE, Diego José. Importância de um sistema de gestão de segurança de alimentos em indústrias alimentícias e sua relação com a saúde pública. *Revista Interface Tecnológica*, v. 21, n. 1, p. 929–940, 2025. DOI: <https://doi.org/10.31510/infa.v21i1.1959>.

GORDILLO, Rubén *et al.* Development of PCR assays for detection of *Escherichia coli* O157:H7 in meat products. *Meat Science*, v. 88, n. 4, p. 767–773, ago. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.011>.

HEIDENREICH, Bernd *et al.* Detection of *Escherichia coli* in meat with an electrochemical biochip. *Journal of Food Protection*, v. 73, n. 11, p. 2025–2033, nov. 2010.

HU, Jinqiang *et al.* Development of duplex PCR-ELISA for simultaneous detection of *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* O157:H7 in food. *Journal of Microbiological Methods*, v. 154, p. 127–133, nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.10.017>.

HUANG, Jiaming *et al.* Convenient DNA extraction integrated with dual RPA-LFA technology for simultaneous detection of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. *Food Bioscience*, v. 74, p. 107973, nov. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107973>.

HUDSON, Claire L.; MICALLEF, Shirley A. Differential phenolic metabolite and ROS responses in lettuce following infiltration with *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7. *Food Microbiology*, v. 133, p. 104896, ago. 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2025.104896>.

JAYAN, Heera *et al.* Microfluidic-SERS platform with in situ nanoparticle synthesis for rapid *Escherichia coli* detection in food. *Food Chemistry*, v. 471, p. 142800, fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.142800>.

JEYARAMAN, Mareeswaran; JIA, Kun; ELTZOV, Evgeni. The low-cost multi-channel biosensor for the quick detection of different food pathogens. *LWT*, v. 233, p. 118491, out. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118491>.

JI, So-Hyeon; OH, Se-Wook. Simultaneous capture and concentration of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* Typhimurium using tetraethylenepentamine-coated magnetic nanoparticles combined with filtration. *Microchemical Journal*, v. 219, p. 115887, out. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2025.115887>.

JINU, Manoj *et al.* Comparison of PCR and conventional cultural method for detection of *Salmonella* from poultry blood and faeces. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, v. 9, n. 11, p. 690–701, 2014.

KAADEN, Oskar-Rüger; CZERNY, Claus-Peter; EICHHORN, Werner (org.). *Viral zoonoses and food of animal origin*. Vienna: Springer, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6534-8>.

KUMAR, Harsh *et al.* Enhancing meat safety and quality: innovations in protein-based sensing technologies for contaminant detection. *Food Control*, v. 173, p. 111208, fev. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111208>.

LEMOS, Lúcia Mara dos Reis. *Prospecção científica e levantamento do conhecimento de estudantes sobre métodos moleculares para detecção de patógenos em alimentos*. 2024. Trabalho acadêmico (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2024.

LIU, P. *et al.* Simultaneous quantitative detection of viable *Salmonella* spp., Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* and *Listeria monocytogenes* in milk through multiplex real-time polymerase chain reaction. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 7, p. 6803–6813, abr. 2025. DOI: 10.3168/jds.2025-26278.

LIU, ZHENHAI *et al.* Tenfold multiplex PCR method for simultaneous detection of *mcr-1* to *mcr-10* genes and application for retrospective investigations of *Salmonella* and *Escherichia coli* isolates in China. **Microbial Pathogenesis**, v. 203, p. 107478, mar. 2025. DOI: 10.1016/j.micpath.2025.107478.

LKP DIAGNÓSTICOS. **Água peptona tamponada**: descrição do produto. São Paulo: LKP Diagnósticos, 2025. Disponível em: <https://www.lkpdagnosticos.com.br/meios-de-cultura/k25-611014-agua-peptona-tamponada-f-rasco-500g>. Acesso em: 2 dez. 2025.

LU, YINGYUN *et al.* Detection and molecular identification of *Salmonella* pathogenic islands and virulence plasmid genes of *Salmonella* in Xuzhou raw meat products. **Journal of Food Protection**, v. 85, n. 12, p. 1790–1796, dez. 2022. DOI: 10.4315/JFP-22-169.

LUKINMAA, SUSANNA *et al.* Application of molecular genetic methods in diagnostics and epidemiology of food-borne bacterial pathogens. **APMIS**, v. 112, n. 11–12, p. 908–929, dez. 2004.

MA, YONGHANG *et al.* Biosynthesis of a novel antimicrobial brevicidine as potential food biopreservative from *Brevibacillus laterosporus* 811 and its anti-infection effect against *Escherichia coli* and *Salmonella*. **Food Bioscience**, v. 69, p. 106937, jul. 2025. DOI: 10.1016/j.fbio.2025.106937.

MANGAL, M.; BANSAL, S.; SHARMA, S. K.; GUPTA, R. K. Molecular detection of foodborne pathogens: a rapid and accurate answer to food safety. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 9, p. 1568–1584, 2016. DOI: 10.1080/10408398.2013.782483.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Inspeção de carnes bovina: padronização de técnicas, instalações e equipamentos**. Brasília, 2007.

MOREIRA, VIRGÍNIA LOPES. **Avaliação das condições higiênico-sanitárias e microbiológicas da carcaça bovina fresca em açougues**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde).

NAQIB NASHRON, MUHAMMAD FAHMI *et al.* Incorporation 2D-TMDC for high performance surface plasmon resonance (SPR) based fiber optic biosensor for early *Salmonella* detection: a review. **Optical Fiber Technology**, v. 95, p. 104464, out. 2025. DOI: 10.1016/j.yofte.2025.104464.

NDRAHA, NODALI *et al.* Rapid detection methods for foodborne pathogens based on nucleic acid amplification: recent advances, remaining challenges, and possible opportunities. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 7, p. 100183, set. 2023. DOI: 10.1016/j.fochms.2023.100183.

NNACHI, RAPHAEL CHUKWUKA *et al.* Biosensors for rapid detection of bacterial pathogens in water, food and environment. **Environment International**, v. 166, p. 107357, ago. 2022. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107357.

PANPHUT, WATTANA *et al.* A superhydrophobic magneto-flow system for semi-automated electrochemical detection of *Salmonella Typhimurium* in food samples utilizing an aptamer-based technique. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 446, p. 138624, ago. 2025. DOI: 10.1016/j.snb.2025.138624.

PHOPIN, KAMONRAT *et al.* Duplex PCR-lateral flow immunoassay for rapid and visual screening of *Salmonella* and *Vibrio cholerae* for food safety assurance and hygiene surveillance. *LWT*, v. 203, p. 116362, jul. 2024. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116362.

PROLAB. Entenda a definição de água peptonada, sua composição e modo de preparo. São Paulo: Prolab, 23 jan. 2019. Disponível em: <https://www.prolab.com.br/blog/curiosidades/entenda-a-definicao-de-agua-peptonada-sua-composicao-e-modo-de-preparo/>. Acesso em: 2 dez. 2025.

RANABHAT, Ganesh *et al.* Molecular detection of avian pathogenic *Escherichia coli* (APEC) in broiler meat from retail meat shop. *Heliyon*, v. 10, n. 15, p. e35661, ago. 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e35661.

SADEGHI, Yasaman *et al.* The sensitivity and specificity of loop-mediated isothermal amplification and PCR methods in detection of foodborne microorganisms: a systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Public Health*, v. 50, n. 11, out. 2021. DOI: 10.18502/ijph.v50i11.7571.

SANTOS, Paula Hellyane Costa dos *et al.* Evaluation of a rapid detection method of *Salmonella* in comparison with the culture method and microbiological quality in fish from the Brazilian Amazon. *Food Science and Technology*, v. 41, n. 1, p. 151–157, jan. 2021. DOI: 10.1590/fst.38719.

SOARES, Karoline Mikaelle de Paiva; SILVA, Jean Berg Alves da; GÓIS, Vilson Alves. Parâmetros de qualidade de carnes e produtos cárneos: uma revisão. *Higiene Alimentar*, v. 31, n. 268/269, maio 2017.

SURESHKUMAR, Gayathri *et al.* An integrated and self-regulating microfluidic device for real-time multiplex detection of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* sp. *Sensors and Actuators B: Chemical*, v. 437, p. 137758, abr. 2025. DOI: 10.1016/j.snb.2025.137758.

VALENZUELA-AMARO, Hiram Martin *et al.* Emerging applications of nanobiosensors in pathogen detection in water and food. *Biosensors*, v. 13, n. 10, p. 922, 11 out. 2023. DOI: 10.3390/bios13100922.

VERGIS, Jess *et al.* Ensuring food safety: microbiological risk assessment strategies. *Current Opinion in Food Science*, v. 62, p. 101272, jan. 2025. DOI: 10.1016/j.cofs.2025.101272.

WANG, Jiamin *et al.* Molecular Velcro: design of coupled AuNPs with streptavidin-biotin immobilized nanobody in lateral flow immunoassay for sensitive *Salmonella typhimurium* detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, v. 435, p. 137604, mar. 2025. DOI: 10.1016/j.snb.2025.137604.

WANG, Ke *et al.* Review of electrochemical biosensors for food safety detection. *Biosensors*, v. 12, n. 11, p. 959, 2 nov. 2022. DOI: 10.3390/bios12110959.

WANG, Xiaoxuan *et al.* Detection of *Salmonella* in food by SG4MB/SRCA based colorimetric biosensor. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 144, p. 107677, abr. 2025. DOI: 10.1016/j.jfca.2025.107677.

WATIER-GRILLOT, Stéphanie *et al.* Multiplex polymerase chain reaction and testing of complex food matrices: a preliminary study on *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. *Journal of Microbiological Methods*, v. 237, p. 107251, out. 2025. DOI: 10.1016/j.mimet.2025.107251.

WEI, Hui *et al.* Enhanced lateral flow immunoassay using ultrabright red-emitting AIE nanoparticles for simultaneous detection of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium*. *Food Chemistry*, v. 489, p. 144951, maio 2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.144951.

YE, Yanxin *et al.* Molecular methods for rapid detection and identification of foodborne pathogenic bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 41, n. 5, p. 175, maio 2025. DOI: 10.1007/s11274-025-04396-6.

YUAN, Liang *et al.* Alpaca nanobody-based sandwich ELISA for specific detection of *Salmonella enteritidis* in chicken. *Food Control*, v. 181, p. 111776, out. 2025. DOI: 10.1016/j.foodcont.2025.111776.

ZHAN, Zeqiang *et al.* High prevalence of multidrug-resistant *Salmonella* from retail meat in Shanghai and the molecular characterization of bla_{NDM-9}-carrying plasmid. *Journal of Future Foods*, jul. 2025. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2025.07.009.

ZHANG, Min *et al.* Molecular methods for identification and quantification of foodborne pathogens. *Molecules*, v. 27, n. 23, p. 8262, 26 nov. 2022. DOI: 10.3390/molecules27238262.

ZHU, Kunpeng *et al.* A rapid detection method for Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Typhimurium in food based on the combination of loop-mediated isothermal amplification and hybridization chain reaction. *Analytica Chimica Acta*, v. 1374, p. 344512, ago. 2025. DOI: 10.1016/j.aca.2025.344512.