



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

ISABELLE PRYSCYLLA DA SILVA VIANA

**PESQUISA DE *Salmonella* spp. EM LEITE E DERIVADOS
COMERCIALIZADOS NO ESTADO DA BAHIA E SUA RELAÇÃO COM
AS DOENÇAS VEICULADAS POR ALIMENTOS E A SAÚDE DOS
CONSUMIDORES**

Salvador

2021

ISABELLE PRYSCYLLA DA SILVA VIANA

**PESQUISA DE *Salmonella* spp. EM LEITE E DERIVADOS
COMERCIALIZADOS NO ESTADO DA BAHIA E SUA RELAÇÃO COM
AS DOENÇAS VEICULADAS POR ALIMENTOS E A SAÚDE DOS
CONSUMIDORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Marion Pereira da Costa.

Salvador

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Viana, Isabelle Pryscylla da Silva

Pesquisa de Salmonella spp. em leite e derivados comercializados no estado da Bahia e sua relação com as doenças veiculadas por alimentos e a saúde dos consumidores / Isabelle Pryscylla da Silva Viana. -- Salvador, 2021.

51 f.

Orientadora: Profª. Drª. Marion Pereira da Costa.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos) -- Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Farmácia, 2021.

1. Doenças Veiculadas por Alimentos. 2. Lácteos. 3. Saúde Pública. 4. Salmonella spp. I. Costa, Profª. Drª. Marion Pereira da. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS



TERMO DE APROVAÇÃO

ISABELLE PRYSCYLLA DA SILVA VIANA

PESQUISA DE *Salmonella* spp. EM LEITE E DERIVADOS
COMERCIALIZADOS NO ESTADO DA BAHIA E SUA RELAÇÃO COM
AS DOENÇAS VEICULADAS POR ALIMENTOS E A SAÚDE DOS
CONSUMIDORES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Marion Pereira da Costa
Universidade Federal da Bahia
Orientadora

Dr^a. Carla Paulo Vieira
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dr. Carlos Pasqualin Cavalheiro
Universidade Federal da Bahia

In memoriam à meu tio e pai
Roberto que tanto torceu por mim e
me amou como filha em vida!

“Quem não vive para servir ainda não aprendeu a viver”

(Divaldo Franco)

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão à Deus e à Nossa Senhora por abençoar minha vida em todos os momentos.

À minha tão guerreira mãe, Maria Antonia, que por muitas vezes abdicou de tudo por mim e para mim, ao meu Padrasto Jorge pelo imenso apoio de sempre. Vocês são meu porto seguro!

Ao meu esposo, meu grande amigo e tão grande companheiro de vida, Gustavo, que por inúmeras, incontáveis vezes me ajudou e ajuda, apoia em tudo que faço, sempre me fazendo enxergar que tenho que seguir em frente mesmo nas atribuições da vida. Obrigada!

Às minhas tias, Edilene e Nieta, por me apoiarem incondicionalmente em tudo que faço. Às minhas primos (as) (Pri, Clara, Lucas, Alice e Fa), pelo incentivo de sempre e meu afilhado amado, por renovar meu sorriso e me fazer sorrir com a pureza e o amor de criança toda vez que o vejo, Lorenzo.

À minha amada Vó, por me fazer acreditar que podemos superar tudo com apoio da família e FÉ em Deus. À meu tio Railton, por inúmeras vezes ser meu pai e amigo.

Aos meus sogros pelo incentivo de sempre. À Tia Iara e Tia Disa pelo grande incentivo.

À minha orientadora, prof.^a Dr.^a Marion Costa, pela compreensão, orientação e pela confiança em meu trabalho.

Aos meus colegas do Mestrado, por compartilharem comigo experiências ricas de aprendizado. Ao PGali e à secretária Priscila, que tanto me auxiliou.

Aos companheiros do LaITLácteos, pelo imenso apoio, sem exceção, à todos que estiveram comigo nessa jornada. À Davino e Jaque, pela rica experiência de aprendizado. Aos colegas Iuri, Nathália, Mateus, Bruna, gratidão pelo apoio.

À Rebeca e Antenor, Profª Drª Lia, ao LASAB, meu imenso agradecimento por toda ajuda, conselhos e grande aprendizado.

Gratidão à Deus e à Nossa Senhora por me guiarem, à toda minha família a qual me inspiro todos os dias a ser um ser humano melhor e que me apoia com amor incondicional. E de forma especial ao meu grande e saudoso Avô Raimundo (meu pai), ao meu guerreiro e saudoso tio Roberto (meu pai). É para vocês dois que tanto encheram minha vida de amor (junto com toda família) e que por tantas vezes se esforçaram para garantir meu futuro ao lado das minhas primas e primo. AMO VOCÊS!

NOTA DE ESCLARECIMENTO

Os capítulos escritos neste trabalho apresentam formatações diferentes. Fato que se deve ao periódico ao qual o artigo será submetido.

O Capítulo I, adota as normas da ABNT. Capítulo II, segue as normas do periódico Zoonoses and Public Health.

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO GERAL	17
OBJETIVOS	19
CAPÍTULO I	20
REFERENCIAL TEÓRICO	20
1 LEITE E DERIVADOS E SUA IMPORTÂNCIA.....	21
2 <i>Salmonella</i> : CARACTERÍSTICAS GERAIS	21
3 <i>Salmonella</i> spp. E DOENÇA VEICULADA POR ALIMENTOS	23
4 <i>Salmonella</i> NÃO TIFÓIDE	25
5 FEBRE ENTÉRICA.....	26
5.1 FEBRE TIFÓIDE.....	27
6 <i>Salmonella</i> spp. EM LEITE E DERIVADOS	28
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO II	36
ARTIGO	36
<i>Salmonella</i> spp. CAN REPRESENT A RISK TO OUTBREAKS BY THE MILK AND DAIRY PRODUCTS CONSUMPTION IN THE STATE OF BAHIA, BRAZIL?	37
1 Introduction	39
2 Materials and Methods.....	41
3 Results	43
3.1 Outbreaks in Brazil by <i>Salmonella</i> spp.	43
3.2 Outbreaks in State of Bahia by <i>Salmonella</i> spp. and <i>Salmonella</i> Typhi	46
3.3 Analyze of <i>Salmonella</i> spp. in State of Bahia, Brazil.....	47
4 Discussion.....	47
ACKNOWLEDGEMENTS	51
CONFLICT OF INTEREST STATEMENT	51

REFERENCES	51
-------------------------	-----------

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I	Página
Figura 1 - Série bioquímica de triagem para Salmonella spp.....	23
CAPÍTULO II	
Figure 1 - Milk and dairy products from 54 different sampled locations	42
Figure 2 - Distribution of outbreaks causes by Salmonella spp. by place of occurrence, 2010 to 2009 in Brazil	44

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Página

Table 1 - Main characteristics of outbreaks between the years 2009 to 2018 in Brazil	43
Table 2 - Main microorganisms involved in outbreaks in milk and dairy products in Brazil between 2010 to 2019.....	44
Table 3 - Outbreaks causes by Salmonella spp. in Brazil between 2010 and 2019.	45
Table 4 - Outbreak cases related to Salmonella spp. in milk and dairy products by region of Brazil between the years 2010 to 2019.	45
Table 5 - Number of reported Salmonellosis, by year, in State of Bahia from 2010 to 2019	46
Table 6 - Number of reported typhoid fever, by year, in State of Bahia during 2010 to 2019	46
Table 7 - Salmonella spp. occurrence in dairy products collected in Bahia, Brazil.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Porcentagem

°C – Grau Celsius

CDC – Centers for disease control and prevention

DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

ECDC – European Center for Disease Prevention and Control

EFSA – European Food Safety Authority

FAO – Food and Agriculture Organization

g – grama

GBD - Global Burden of Disease

GMP - Good Manufacturing Practices

HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Point

ISO - International Organization for Standardization

L – Litros

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

mL – Mililitros

nº - número

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCR – polymerase chain reaction

pH – potencial hidrogeniônico

t – Toneladas

TT - Tetrathionate Broth

UE – União Européia

VM - Vermelho de Metila

VP - Voges- Proskauer

WHO – World Health Organization

XLD - Xylose Lysine Deoxycholate Agar

VIANA, Isabelle Pryscylla da Silva. Pesquisa de *Salmonella* spp. em leite e derivados comercializados no Estado da Bahia e sua relação com as doenças veiculadas por alimentos e a saúde dos consumidores. 55f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

RESUMO

A *Salmonella* spp. é um dos patógenos mais amplamente difundidos na natureza, sendo o homem e os animais seus principais reservatórios naturais além de ser considerada como um dos principais agentes envolvidos em surtos de origem alimentar mundo afora. A incidência dessa bactéria motivada por alimentos contaminados demonstra que, na atualidade, apesar dos avanços tecnológicos observados, este problema ainda ocorre mundialmente. Os bovinos são uns dos principais responsáveis pela disseminação desse agente patogênico assim como toda a cadeia produtiva que envolve a produção e o beneficiamento de seus produtos. Por certo, leites e derivados estão entre os principais alimentos correlacionados com casos de doenças veiculadas por alimentos (DVA) tanto no Brasil como em diversos outros países. A depender do sorotipo de *Salmonella* envolvido no surto alimentar, pode causar duas formas principais de doença, a exemplo da salmonelose e a febre entérica. Ambas causando distúrbios gastrointestinais sendo a febre entérica a forma mais grave da infecção. Contudo, a ocorrência dessas doenças ainda é bastante subnotificada especialmente a nível nacional. O objetivo desse trabalho foi elaborar um estudo da ocorrência de *Salmonella* no âmbito estadual, nacional e internacional por meio da análise de dados de órgãos governamentais de saúde. Além da realização de análise microbiológica para *Salmonella* spp. em 302 amostras leite e seus derivados encaminhadas ao Laboratório de Inspeção e Tecnologia de Leite e Derivados da Universidade Federal da Bahia entre o período de março de 2019 a março de 2020. Produtos esses advindos de diversos municípios do Estado da Bahia, Brasil. De acordo com metodologia ISO utilizada para realização das análises não foi detectada a presença desse patógeno em nenhuma das amostras analisadas no estudo. Apesar do estudo não revelar a presença da *Salmonella* spp. em nenhum dos lácteos analisados na Bahia, o risco de ingestão desses produtos deve ser considerado, visto a gravidade das doenças causadas pela bactéria em questão. Alguns fatores como ampla distribuição da *Salmonella* spp. entre animais, permanência no ambiente e nos alimentos além da existência de portadores

assintomáticos tanto em animais quanto no homem, contribuem para que este microrganismo assumam um papel de grande relevância na saúde pública mundial e, portanto, programas permanentes de controle devem ser adotados.

Palavras chave: Doenças Veiculadas por Alimentos. Lácteos. Saúde Pública. *Salmonella* spp.

VIANA, Isabelle Pryscylla da Silva. Research of *Salmonella* spp. in milk and dairy products marketed in the State of Bahia and its relationship with foodborne diseases and consumer health. 55p. Dissertation (Master`s degree) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

ABSTRACT

Salmonella spp. it is one of the most widespread pathogens in nature, with man and animals being its main natural reservoirs, besides being considered as one of the main agents involved in food outbreaks worldwide. The incidence of this bacterium motivated by contaminated food shows that, today, despite the technological advances observed, this problem still occurs worldwide. Cattle are one of the main responsible for the dissemination of this pathogenic agent as well as the entire productive chain that involves the production and processing of its products. Certainly, milk and dairy products are among the main foods correlated with cases of foodborne diseases both in Brazil and in several other countries. Depending on the *Salmonella* serotype involved in the food outbreak, it can cause two main forms of the disease, such as salmonellosis and enteric fever. Both causing gastrointestinal disturbances with enteric fever being the most serious form of the infection. However, the occurrence of these diseases is still quite underreported, especially at the national level. The objective of this work was to prepare a study of the occurrence of *Salmonella* at the state, national and international levels through the analysis of data from official governmental health agencies. In addition to conducting microbiological analysis for *Salmonella* ssp. in 302 samples of milk and its derivatives sent to the Laboratory of Inspection and Technology of Milk and Derivatives of the Federal University of Bahia between the period of March 2019 to March 2020. These products come from several municipalities in the State of Bahia, Brazil. According to the ISO methodology used for the analysis, the presence of this pathogen was not detected in any of the samples analyzed in the study. Although the study did not reveal the presence of *Salmonella* spp. in none of the dairy products analyzed in Bahia, the risk of ingesting these products should be considered, given the severity of the diseases caused by the bacteria in question. Some factors such as wide distribution of *Salmonella* spp. among animals, permanence in the environment and in food, as well as the existence of asymptomatic carriers in both animals and man, contribute for this microorganism to assume a role of great relevance in world public health and, therefore, permanent control programs must be adopted.

Key words: Foodborne Diseases. Dairy. Public health. *Salmonella* spp.

INTRODUÇÃO GERAL

Os alimentos de origem animal, incluindo os produtos lácteos, são apreciados em todo mundo e seu consumo se eleva com o aumento da população e renda familiar (FAO, 2020). O leite é uma fonte de diversos tipos de nutrientes, contendo proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais (Sarabi et al., 2018; Hoppe et al., 2006), além disso, é utilizado em variadas aplicações industriais, tanto para produção de lácteos quanto na formulação de produtos não lácteos, representando uma fonte alimentar fundamental na dieta humana (Sharabi et al., 2018).

O consumo de leite e derivados tem origem muito tempo atrás, provavelmente quando os humanos iniciaram a domesticação de animais (Fox e McSweeney, 2004; Gross, 2018). Nos últimos anos, observou-se um crescente aumento na produção mundial de leite (FAO, 2019) com a incorporação da mecanização e novas tecnologias nas propriedades rurais, além das mudanças demográficas, pressões econômicas e consumidores mais exigentes (Barkema et al., 2015). Observa-se também, a influente e importante contribuição da adoção da ordenha mecanizada em fazendas leiteiras no aumento da produção de leite, inclusive colaborando para a redução da incidência de contaminantes no leite (Rodenburg, 2016).

Em condições naturais, a composição microbiana do leite é influenciada por diferentes parâmetros, a exemplo de microrganismos presentes no canal do teto, na superfície da pele do animal, no ar circundante, bem como na alimentação animal, água de abastecimento e equipamentos (Quigley et al., 2013). Dessa forma, o leite passa a ser um alimento com grandes chances de contaminação incluindo o contágio pela bactéria *Salmonella* spp. (Riyaz-UI-Hassan et al., 2013). A *Salmonella* spp. pode ser veiculada a humanos através do consumo de produtos lácteos contaminados especialmente leite e queijos não pasteurizados ou insuficientemente pasteurizados, causando os surtos alimentares, conhecidos mundo afora (Vignaud et al., 2017, De Valk et al., 2000; Ahmed e Shimamoto, 2014).

As salmonelas, em especial a *Salmonella enterica* subsp. *enterica*, são bactérias responsáveis por graves quadros de gastroenterite e frequentemente são encontradas como micro organismo causadores de surtos alimentares nas residências dos brasileiros (Chen et al., 2013). Sendo assim, a infecção por *Salmonella* faz parte do grupo das Doenças Veiculadas por Alimentos (DVA), que são um conjunto de

enfermidades humanas adquiridas pela ingestão de alimento ou água contaminada, que geralmente cursam com quadro de anorexia, náuseas, vômitos e diarreia.

As DVAs são especialmente danosas em países em desenvolvimento, principalmente para aquelas populações que vivem abaixo da linha da pobreza, onde esse tipo de doença se perpetua entre os indivíduos de maneira frequente. (GBD, 2019). Dessa forma, a ocorrência de surtos alimentares é observada em vários países do mundo, sendo doenças com importantes índices de morbidade e mortalidade na população. A *Salmonella* spp. é portanto, uma das bactérias mais relevantes em surtos tanto no Brasil como no mundo, o que pode constituir um grande problema econômico e de saúde pública (Machado, 2013).

A depender do sorovar envolvido, a *Salmonella* pode causar dois tipos principais de doenças: a salmonelose não tifoide e a febre entérica (febre tifoide ou paratifoide). Os sintomas da salmonelose não tifoide incluem, principalmente, vômito, dores abdominais, febre e diarreia, sendo uma doença geralmente autolimitante entre pessoas saudáveis, embora em alguns casos possa levar o indivíduo à óbito. Já a febre entérica é considerada uma doença mais grave, podendo ocasionar sérias complicações de saúde como febre alta, diarreia, constipação e dor abdominal e em algumas situações evoluir para perfurações intestinais, além de complicações em outros órgãos e óbito, apresentando, dessa maneira, taxa de mortalidade maior que a *Salmonella* não tifoide (Brasil, 2020a).

De fato, a detecção de patógenos em produtos lácteos pode ser considerada um desafio extremamente necessário para a garantia da segurança desses alimentos ao consumidor. Assim, torna-se fundamental a caracterização do micro organismo em seus estágios iniciais de crescimento ao longo da cadeia produtiva, contribuindo, portanto, para a redução do número de surtos de origem alimentar (Pinu, 2016).

Logo, a presença de *Salmonella* spp. em leite e derivados constitui um sério risco para a saúde pública podendo abarcar danos irreparáveis aos consumidores de todas as faixas etárias inclusive ao óbito em alguns casos. Nesse contexto, justifica-se a necessidade de pesquisas que estudem a ocorrência de *Salmonella* spp. em produtos lácteos, demonstrando os principais produtos acometidos pela contaminação e sua possível rota de origem.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Abordar a ocorrência da *Salmonella* spp. em leite e derivados de acordo com dados oficiais de órgãos de saúde tanto do Brasil quanto do Estado da Bahia e analisar, durante o período de 12 meses, a presença/ ausência de *Salmonella* spp. em amostras de leite e produtos lácteos na Bahia, bem como, demonstrar as informações obtidas com a importância do estudo de surtos alimentares envolvendo o patógeno em questão nos produtos relacionados tanto a nível estadual, nacional e internacional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Abordar panorama geral da salmonelose e febre tifoide a nível estadual, nacional e internacional;
- b) Descrever os surtos alimentares ocasionados pela *Salmonella* spp. em leite e derivados na Bahia, no Brasil e no mundo;
- c) Investigar a ocorrência de *Salmonella* spp. em leite e derivados nos municípios do Estado da Bahia;
- d) Demonstrar a importância da investigação da *Salmonella* spp. como agente veiculador de doença em leite e derivados para a saúde pública.

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

1 LEITE E DERIVADOS E SUA IMPORTÂNCIA

Nas últimas três décadas, a produção mundial de leite tem se intensificado, despontando de 530 milhões de toneladas em 1988 para 843 milhões de toneladas em 2018. A Índia é considerada a maior produtora mundial de leite, com 22% da produção global, seguida pelos Estados Unidos da América, China, Paquistão e o Brasil, que ocupa a quinta posição (FAO, 2020). A aquisição de leite cru realizada no Brasil, pelos estabelecimentos que atuam sob inspeção sanitária quer seja, federal, estadual ou municipal, obteve no 2º trimestre de 2020 o valor de 5,69 bilhões de litros de leite (IBGE, 2020).

Os países em desenvolvimento também aumentaram sua participação na produção global de laticínios nos últimos anos. Esse crescimento é o resultado principalmente de um aumento no número de animais produtores. Na maioria desses países, o leite é produzido por pequenos proprietários o que contribui de forma efetiva para a subsistência das famílias. Além disso, estima-se que aproximadamente 150 milhões de famílias em todo o mundo estão engajadas na produção de leite (FAO, 2020).

Os lácteos, portanto, são considerados excelentes fontes nutritivas que contribuem de forma favorável para a saúde da população em geral (Garcia et al., 2019). Alguns estudos demonstram que o consumo desses produtos tem um impacto positivo na massa óssea, na saúde cardiovascular e na microbiota gastrointestinal dos consumidores (Gorbach, 2009; Major et al., 2008). O leite como alimento rico nutricionalmente é extremamente importante para crianças, colaborando para o crescimento e o desenvolvimento cognitivo. Outros estudos apontam que o consumo de leite tem correlação com a redução do nanismo em crianças (Van Stuijvenberg et al., 2015; Michaelsen et al., 2009).

2 *Salmonella*: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Salmonella é uma bactéria pertencente ao gênero da família *Enterobacteriaceae*, sendo morfológicamente bastonetes gram negativos, geralmente móveis, capazes de formar ácido e na maioria das vezes gás a partir da glicose, salvo algumas exceções (Brenner & Farmer, 2005; Brasil, 2011). Fermentam arabinose, maltose, manitol, manose, ramnose, sorbitol, trealose, xilose e dulcitol. A maioria das

Salmonellas de interesse clínico não fermentam lactose, contudo, muitas cepas podem adquirir essa característica por meio de transferência plasmidial. São oxidase negativa, catalase positivo, indol, Voges- Proskauer – VP, Vermelho de Metila – VM, malonato e uréia negativa. Produzem gás sulfídrico a partir da redução do enxofre por ação da enzima cisteína desulfidrase. Apresentam também, como características metabólicas, a capacidade de descarboxilação dos aminoácidos lisina e ornitina, redução de nitrato a nitrito e utilização do citrato como única fonte de carbono, podendo ocorrer variações em função do sorovar (Brasil, 2011).

A *Salmonella* spp. pode crescer prontamente em ambientes ácidos como em pH 3,7, porém o pH mínimo no qual o crescimento é observado varia dependendo da temperatura, oxigênio disponível, meio de crescimento, nível de inoculação e sorovar. Além disso, a temperatura ótima de multiplicação é de cerca de 38 °C e a mínima fica em torno de 5 °C. Como não formam endósporos, são relativamente termossensíveis, podendo ser destruídas a 60 °C, em 15 a 20 minutos (El-Gazzar et al., 1992, Forsythe, 2013).

Existem 2 espécies amplamente reconhecidas dentro do gênero *Salmonella*: *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori*. A *Salmonella enterica* pode ser dividida em 6 subespécies, sendo a *Salmonella enterica* subesp. *enterica*, a mais relevante em surtos alimentares (Smith, 2019). Portanto, a subespécie *Salmonella enterica* apresenta maior número de sorovares, sendo responsável por 99% dos isolamentos, usualmente de animais de sangue quente. Em cada subespécie são reconhecidos diferentes números de sorovares tendo por base a caracterização de seus antígenos somáticos (O) e flagelares (H) (Brasil, 2011). Assim, os sorovares são diferenciados por sua apresentação antigênica que podem ser divididos em sorovares de *Salmonella* tifóide e não tifóide (Gal-Mor et al., 2014).

Várias metodologias podem ser utilizadas para identificar microrganismos como a *Salmonella* spp., incluindo cultura microbiológica e técnicas moleculares. Os métodos considerados padrão-ouro para a detecção de patógenos e em especial nos alimentos, são aqueles baseados no cultivo de microrganismos. Geralmente, esses métodos incluem estágios de pré-enriquecimento e enriquecimento seletivo, plaqueamento seletivo e diferencial e confirmação por testes bioquímicos (Figura 1) e sorológicos. Embora sejam técnicas padronizadas e relativamente de baixo custo, elas são laboriosas e requerem um tempo considerável para chegar a um resultado definitivo (Dwivedi & Jaykus, 2011; Elizaquível et al., 2014). Existem ainda,

metodologias mais precisas e rápidas, como as técnicas moleculares, e que seu uso se torna ideal, principalmente, durante a investigação de um surto alimentar, em que a identificação rápida do patógeno causal é fundamental no tratamento dos pacientes e na tomada de decisões relativas à saúde pública, no entanto são metodologias com custos mais elevados (Mendonça et al., 2019).

Figura 1 - Série bioquímica de triagem para *Salmonella* spp.



Fonte: Arquivo pessoal.

3 *Salmonella* spp. E DOENÇA VEICULADA POR ALIMENTOS

As doenças veiculadas por alimentos possuem incidência universal, variam de acordo com condições de educação, saneamento, ambientais, culturais e socioeconômicas. As DVAs possuem morbidade alta, no entanto possuem baixa letalidade. A mortalidade é elevada, entretanto, nos grupos de risco, como crianças menores de 5 anos, idosos e imunodeprimidos (Brasil, 2019). A maioria, são infecções causadas por bactérias e suas toxinas, vírus e parasitas. Pode também ocorrer envenenamentos causados por toxinas naturais como cogumelos venenosos, toxinas de algas e peixes ou por produtos químicos que contaminam o alimento a exemplo do chumbo e agrotóxicos. Estas doenças são conhecidas pela humanidade desde os tempos remotos, com relatos desde 2000 a.C sobre o modo de preparação, medidas de higienização e avaliação do estado dos alimentos (El-Gazzar et al., 1992).

As doenças veiculadas por alimentos podem dar origem a surtos com episódios em que duas ou mais pessoas apresentam doença semelhante após ingerirem alimentos contaminados, inclusive água, que possuam a mesma origem (Brasil, 2019). Doenças causadas pelo consumo de produtos contaminados podem se espalhar facilmente e especialmente quando não há sistemas de vigilância adequados para o

seu controle, o número de consumidores afetados pode ser significativamente alto (Hascoët et al., 2007). A veiculação de doenças de origem alimentar é um dos problemas de saúde mais difundidos no mundo contemporâneo e uma causa importante de redução da produtividade econômica (González-Rivas et al., 2018).

O fato é que, são problemas que podem gerar escândalos alimentares, provocando a redução direta do consumo de alguns alimentos e o surgimento de crises econômicas que afetam grandes setores produtivos. Conseqüentemente, governos e diferentes partes interessadas da cadeia alimentar intensificaram seus esforços para adaptar e controlar o grande número de riscos existentes em toda cadeia produtiva e garantir que a segurança e a qualidade dos alimentos não sejam comprometidas (Ripolles-Avila, 2020).

Assim, os surtos de origem alimentar podem ser provocados por diversas causas, incluindo os sorovares de *Salmonella*, cuja distribuição varia em diversas regiões do mundo, dependendo das diferenças no sorogrupo mais comumente envolvido (Tadesse, 2014; Elhadi et al., 2013). Além disso, a contaminação de alimentos pela *Salmonella* spp. pode ocorrer em qualquer ponto da cadeia produtiva, desde a produção animal até a fabricação e processamento de alimentos (Cunha Neto et al., 2018; Panzenhagen et al., 2018). O consumo especificamente de produtos de origem animal como ovos crus, carnes suína, bovina e frango mal cozidos e leite sem processamento adequado são causas significativas de surtos de salmonelose por todo o mundo (Jourdan da Silva et al., 2018; Dewey-Mattia et al., 2018).

Além disso, a importância relativa dos sorovares em casos esporádicos pode diferir entre os continentes e refletir situações epidemiológicas muito distintas (Ferrari et al., 2019). Por exemplo, os sorovares de *S. Heidelberg* e *S. Newport* são importantes e originais em sua representação em casos de salmonelose para o continente norte-americano embora não sejam muito importantes na União Europeia (UE) (Jackson et al., 2013).

Os diferentes comportamentos e hábitos de consumo alimentar em alguns países pode ter impacto, como na França, onde consumo de carne mal cozida é uma prática comum (Anses, 2017). Aliado a esses hábitos, a ingestão desses alimentos crus foi descrita como um importante fator de risco para sorovares de *S. Typhimurium* e *S. Enteritidis* (Delarocque-Astagneau et al., 2000). Snary et al. (2016) mostraram que existe uma grande variabilidade em relação ao tipo e frequência de consumo de produtos suínos na UE e a esses padrões de consumo têm um grande impacto no

nível de risco dos produtos suínos. Na verdade, a internacionalização do comércio e mudanças nas atitudes do consumidor podem levar a uma mudança no risco. Nesse contexto, a identificação dos fatores de risco de forma global é, portanto, um elemento importante para os epidemiologistas que estudam as diferentes vias de transmissão das doenças relacionadas aos alimentos.

4 *Salmonella* NÃO TIFOIDE

Anualmente a população global aproxima-se de 153 milhões de doentes e 57 mil morrem de infecção por salmonelose (Hunter & Francois Watkins, 2017). As cepas não tifóides de *Salmonella* são conhecidas como causas de salmonelose humana, uma doença de origem alimentar, responsável por acarretar desde infecções leves a graves em todo o mundo, representando um problema de saúde pública, principalmente em países tropicais (Deekshit et al., 2015; WHO, 2018a; Hirai et al., 2020). Este grupo de *Salmonella* não tifóide, refere-se a todos os sorovares de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* exceto para sorovar Typhi e Paratyphi (Gal-Mor, Boyle & Grassl, 2014).

É uma doença geralmente caracterizada inicialmente de forma aguda, apresentando febre, dor abdominal, diarreia, náuseas e em alguns casos, vômitos. O início dos sintomas da doença ocorre de 6 a 72 horas, geralmente de 12 a 36 horas, após a ingestão do patógeno, podendo durar de 2 a 7 dias (WHO, 2018a).

O tratamento em casos graves é realizado com a reposição de eletrólitos e reidratação. A terapia antimicrobiana de rotina não é recomendada para casos leves ou moderados em indivíduos saudáveis. Isso porque os antimicrobianos podem não eliminar completamente as bactérias e dessa forma selecionar cepas resistentes, o que posteriormente possibilita a ineficácia do medicamento. No entanto, grupos de risco, como bebês, idosos e pacientes imunocomprometidos, podem precisar receber terapia antimicrobiana. Antimicrobianos também são administrados se a infecção se espalhar do intestino para outras partes do corpo. Devido ao aumento global da resistência antimicrobiana, as diretrizes de tratamento são revisadas regularmente, levando em consideração o padrão de resistência da bactéria com base no sistema de vigilância de cada região (WHO, 2018a).

Em estudo realizado por Guillier et al. (2020) vários fatores específicos do hospedeiro foram associados ao risco de salmonelose como o uso de antiácidos ou

antibióticos gástricos, pacientes com doenças crônicas onde constatou-se que esses indivíduos tinham chances significativamente maiores de adquirir salmonelose, o mesmo nível de probabilidade foi observado em pacientes que receberam outros medicamentos, como anti-inflamatórios não esteroides, corticosteroides e drogas hormonais. Ainda no mesmo estudo, quando se observou a população infantil, a amamentação mostrou ser uma proteção contra a infecção por *Salmonella*. A transmissão pessoa a pessoa foi descrita na população como contato com paciente ou contato com membro da família com diarreia (ou casos confirmados). O contato com animais (fazenda, animal de estimação ou selvagem) para crianças, bem como para população em geral, foi uma via de exposição amplamente explorada no estudo como fatores de risco.

5 FEBRE ENTÉRICA

Febre tifoide e paratifoide, coletivamente conhecidas como febre entérica, são causadas pelos sorovares da subespécie de *Salmonella enterica* Typhi e Paratyphi A, B e C adaptadas exclusivamente ao homem e com sintomas que podem evoluir para uma infecção sistêmica (Harris & Brooks, 2013). Respectivamente, os dois sorovares continuam sendo uma das causas significativas de morbidade e mortalidade de forma global no que diz respeito as respectivas subespécies (GBD, 2017).

As infecções tifoide e paratifoide produzem doenças com febres altas e prolongadas, bacteremias, sendo a cefaleia e mal-estar sintomas característicos. Por não possuir tratamento eficaz, a febre entérica, pode levar a estados mentais alterados, sangramento gastrointestinal, perfuração intestinal, choque séptico e morte (Harris & Brooks, 2013). Essas doenças são relativamente comuns em países com abastecimento de água e saneamento deficientes, especialmente na região sul e sudeste da Ásia e África Subsaariana, regiões essas que fazem parte das principais estatísticas de causas de morte ou incapacidade entre crianças, especialmente (GBD, 2016; Morgasal et al., 2014).

5.1 FEBRE TIFOIDE

No Brasil a febre tifoide integra a Lista de Doenças de Notificação Compulsória (Portaria de Consolidação nº 4, Anexo 1 do Anexo V) (Brasil, 2017). A vigilância epidemiológica da febre tifoide se encarrega de conhecer o comportamento da doença na população, identificar fatores de risco envolvidos na ocorrência da doença, reduzir a incidência e a letalidade, além de recomendar medidas de prevenção, vigilância e controle (Brasil, 2019).

No período de 2010 a 2019, no Brasil foram notificados 4.955 casos suspeitos de febre tifoide. Observando, portanto, um declínio de 21,87% no número absoluto de notificações no país durante todo o período avaliado. Além disso, constatou-se que 74,07% (3.670/4.955) das notificações foram provenientes de municípios pertencentes à região Norte do Brasil (Brasil, 2020b). Ainda dentro do panorama brasileiro, a febre tifoide ocorre em condições endêmicas em algumas localidades isoladas, especialmente nas regiões Norte e Nordeste do país, mais precisamente em locais onde a população reside sob baixos níveis socioeconômicos e com precárias condições de saneamento básico, higiene pessoal e ambiental (Brasil, 2020b).

Somente a febre tifoide afeta cerca de 11 a 21 milhões de pessoas a cada ano em todo planeta, o CDC (Centers for Disease Control and Prevention) estima que a febre tifoide atinge 5.700 pessoas nos Estados Unidos anualmente (CDC, 2018). Embora tenha se tornado cada vez mais comum cepas de *Salmonella Typhi* resistentes a diferentes tipos de antimicrobianos, a doença, em algumas situações, pode ser tratada com antibióticos (WHO, 2018). Há ainda, a existência de vacina, embora não possua alto poder imunogênico, o que garante dessa forma, uma imunidade de curta duração e é somente indicada em situações específicas, a exemplo, de recrutas em missão em países endêmicos ou pessoas sujeitas a exposições excepcionais, como trabalhadores que entram em contato com esgotos, ou pessoas que vivem em áreas de alta endemicidade (Brasil, 2020b). O CDC recomenda de maneira especial, a vacinação em pessoas que viajam para lugares onde a febre tifoide é comum, como o sul da Ásia, Índia, Paquistão ou Bangladesh (CDC, 2019).

Alguns estudos como o de Masinaei et al. (2020) relata a ocorrência de 2474 casos de febre tifoide entre os anos de 2012 e 2017 no Irã, onde foi constatada a alta incidência da doença em crianças e adolescentes especialmente em áreas pobres,

zonas rurais e com nível de educação muito baixa. Segundo estudos do Global Burden of Disease (GBD, 2017) em 2017, a *Salmonella enterica* sorotipo Typhi causou 76,3% de casos de febre entérica mundialmente, onde se estimou uma letalidade de 0,95% nesse mesmo ano, com estimativas de letalidade mais altas entre crianças e adultos mais velhos, e entre aqueles que vivem em países de baixa renda. Quando o GBD (Global Burden of Disease) comparou a estimativa de óbitos de 2017 com a de 1990, constatou que houve um declínio de 41%, mas apesar do progresso ser notável de lá para cá, a febre tifoide continua sendo uma das principais causas de incapacidade e morte mundo afora, com bilhões de pessoas expostas ao patógeno em questão.

6 *Salmonella* spp. EM LEITE E DERIVADOS

A qualidade e a segurança do leite têm sido alvo principal na indústria de laticínios (Bao et al., 2015). Especificamente, a contaminação microbiana desponta como uma grande preocupação com leite cru e seus produtos derivados (Faille et al., 2017). Como visto em muitos estudos, a *Salmonella* é um dos patógenos alimentares mais comuns encontrados, especialmente, no leite cru (Mungai et al., 2015) e a sua presença nos demais derivados do leite deve-se principalmente à contaminação pós-pasteurização (Modi et al., 2001; Olsen et al., 2004). Portanto, o controle da contaminação pós-processamento do leite é um ponto chave na prevenção da disseminação da *Salmonella* em produtos lácteos.

O leite não pasteurizado é frequentemente armazenado em temperaturas refrigeradas até que seja usado para a fabricação de seus derivados, especialmente os queijos. O armazenamento em temperatura inadequada do leite cru pode favorecer de forma significativa o crescimento de bactérias patogênicas que são encontrados frequentemente na matriz láctea e dessa forma, capazes de proliferar ativamente (Ercolini et al., 2009). A pasteurização do leite é um processo térmico pelo qual o leite é aquecido a 72 °C por 15 segundos ou em outras combinações de tempo e temperatura, portanto, eficaz em eliminar patógenos como a *Salmonella* (Poppe, 2011).

Vários estudos demonstram a suscetibilidade à contaminação do leite e seus derivados principalmente quando não atendem as normas exigidas em legislações existentes, em trabalho realizado por Hanson Kunadu et al. (2018) em Gana, na África, 159 amostras de leite cru e derivados comercializados ilegalmente sem pasteurização

foram avaliadas quanto à qualidade microbiológica onde encontraram 17 amostras positivas para *Salmonella* spp. Guzman-Hernandez et al. (2017), realizou estudo em queijos frescos advindos de leite não pasteurizados produzidos no estado de Tabasco, no México e constatou que são de baixa qualidade microbiológica, além disso, abrigam patógenos humanos em potencial, incluindo a *Salmonella*, mesmo em 2 amostras positivas das 52 analisadas, seu consumo pode representar um grande risco para a saúde pública.

REFERÊNCIAS

- AHMED, A.M.; T. SHIMAMOTO. Isolation and molecular characterization of *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Shigella* spp. from meat and dairy products in Egypt. **International Journal Food Microbiology**, v. 168, p. 57–62, 2014.
- BARKEMA, H.W.; VON KEYSERLINGK, M.A.G.; KASTELIC, J.P.; LAM, T.J.G.M.; LUBY, C.; ROY, J.-P.; LEBLANC, S.J.; KEEFE, G.P.; KELTON, D.F. Invited review: changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 98(11), p. 7426-7445, 2015.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Manual técnico de diagnóstico laboratorial de Salmonella spp.: diagnóstico laboratorial do gênero Salmonella**. Série A. Normas e manuais técnicos, p. 60, 2011.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Guia de Vigilância em Saúde: volume único**. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. – 3ª. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2019.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Febre Tifoide: causas, tratamento, diagnóstico e prevenção**. 2020a. Disponível em: <http://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/febre-tifoide>. Acesso em: dezembro de 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Boletim Epidemiológico**, v. 51, Nº 34 | Ago. 2020b. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/images/pdf/2020/August/31/Boletim-epidemiologico-SVS-34.pdf>. Acesso em: Dezembro de 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação MS-GM nº 4, de 28 de setembro de 2017** (Anexo 1 do Anexo V). Brasília, DF, 2017.
- BRENNER D.J.; FARMER III; J.J. FAMILY I. *Enterobacteriaceae*. In: Brenner, D.J. Krieg, N. R., Staley, J. T. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. **Springer Science Business Media**, v. 2, p. 587-607, 2ª Edition, 2005.
- HOPPE, C.; MOLGAARD, C., MICHAELSEN, K.F. Cow's milk and linear growth in industrialized and developing countries. **Annu. Rev. Nutr.**, v. 26 p. 131–173, 2006.
- POPPE, C. Pathogens in Milk, *Salmonella* spp. **Public Health Agency of Canada**, Canada, 2011.
- CDC. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Typhoid Fever and Paratyphoid Fever**. 2018. Disponível em: <https://www.cdc.gov/typhoid-fever/sources.html>. Acesso em: Novembro de 2020.
- CHEN, H. M.; WANG, Y.; SU, L. H.; CHIU, C. H. Nontyphoid Salmonella infection: Microbiology, clinical features, and antimicrobial therapy. **Pediatrics and Neonatology**, v. 54, n. 3, p. 147–152, 2013.

DE VALK, H.; DELAROCQUE-ASTAGNEAU E.; G. COLOMB; S. PLE; E. GODARD; V. VAILLANT. A community-wide outbreak of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium infection associated with eating a raw milk soft cheese in France. **Epidemiol. Infect.**, v.124(1), p. 1–7, 2000.

DEEKSHIT, V.K.; KUMAR, B.K.; RAI, P.; KARUNASAGAR, I. Differential expression of virulence genes and role of gyrA mutations in quinolone resistant and susceptible strains of *Salmonella* Weltevreden and Newport isolated from seafood. **J. Appl. Microbiol.**, v. 119, p. 970– 980, 2015.

DEWEY-MATTIA, D.; MANIKONDA, K.; HALL, A.J.; WISE, M.E.; CROWE, S.J.. Surveillance for foodborne disease outbreaks in United States, 2009-2015. **MMWR Surveillance Summaries**, v. 67, p. 1–11, 2018.

DWIVEDI, H. P.; JAYKUS, L.A. Detection of pathogens in foods: the current state-of-the-art and future directions. **Clinical Reviews in Microbiology**, Vol. 37(1), p. 40-63, 2011.

EL-GAZZAR, F.; ELMER, E.; MARTH, H. Salmonellae, Salmonellosis, and Dairy Foods: A Review. **Journal of Dairy Science**, v.75, p. 2327-43, 1992.

ELHADI, N.; ALJINDAN, R.; ALJELDAH, M. Prevalence of nontyphoidal *Salmonella* serogroups and their antimicrobial resistance patterns in a university teaching hospital in Eastern Province of Saudi Arabia. **Infect. Drug. Resist.**, v. 6, p.199, 2013.

ELIZAQUÍVEL, P.; AZNAR, R.; SÁNCHEZ, G. Recent developments in the use of the viability dyes and quantitative PCR in the food microbiology field. **Journal of Applied Microbiology**, v. 116(1), p. 1-13, 2014.

ERCOLINI, D.; RUSSO, F.; FERROCINO, I.; & VILLANI, F. Molecular identification of mesophilic and psychrotrophic bacteria from raw cow's milk. **Food Microbiology**, v. 26, p.228-231, 2009.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Impact on Poverty Reduction. Research Network. Chicago**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA0289EN/ca0289en.pdf>. Acesso em: Outubro de 2020.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Guide to good dairy farming practice. Animal Production and Health Guidelines nº. 8**. International Dairy Federation, 2011.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Livestock and the environment**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/livestock-environment/en/>. Acesso em: Setembro de 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization. **Milk and milk products**. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/>. Acesso em: Dezembro de 2020.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos** [recurso eletrônico]. Tradução: Andréia Bianchini.– 2. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre, Artmed, 2013.

GAL-MOR, O.; BOYLE, E. C.; GRASSL, G. A Same species, different diseases: How and why typhoidal and non-typhoidal *Salmonella enterica* serovars differ. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, 2014.

GARCIA, S. N.; OSBURN B. I.; CULLORA J. S. B. A One health perspective on dairy production and dairy food safety. **One Health**, v.7, p. 100086, 2019.

GBD. GLOBAL BURDEN OF DISEASES. Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **Lancet Infect. Dis.**, v. 392, p. 1923–94, 2018.

GBD. GLOBAL BURDEN OF DISEASES. The global burden of typhoid and paratyphoid fevers: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **Lancet Infect. Dis.**, v. 19(4), p. 369-381, 2019.

GONZÁLEZ-RIVAS, F.; RIPOLLES-AVILA, C.; FONTECHA-UMAÑA, F.; RÍOS-CASTILLO, A. G.; & RODRÍGUEZ-JEREZ, J. J. Biofilms in the spotlight: Detection, quantification, and removal methods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17(5), p.1261–1276, 2018.

GORBACH S.L. Probiotics and gastrointestinal health. **Am. J. Gastroenterol**, v. 95 (Supplement 1), 2009.

GUILLIER, L.; THÉBAULT, A.; FRAVALO, P.; MUGHINI-GRAS, L.; JOURDAN S. N.; DAVID J.; KOOH, P.; CADAVEZ, V. Risk factors for sporadic salmonellosis: a systematic review and meta-analysis. **Microbial Risk Analysis**, p. 100-138. 2020.

GUZMAN-HERNANDEZ, R.; ARACELI, A. B; CONTRERAS-RODRIGUEZ, B; HERNANDEZ-VELEZ, C.; PEREZ-MARTINEZ, A. I.; LOPEZ-MERINO, B.; MUSSARET, B.; ESTRADA-GARCIA, Z.D.T. Mexican unpasteurised fresh cheeses are contaminated with *Salmonella* spp., non-O157 Shiga toxin producing *Escherichia coli* and potential uropathogenic *E. coli* strains: A public health risk . **International Journal of Food Microbiology**, v. 237, p. 10–16, 2017.

HASCOËT, A. S., RIPOLLES-AVILA, C., GUERRERO-NAVARRO, A. E., & RODRÍGUEZ-JEREZ, J. J. Microbial ecology evaluation of Iberian pig processing plant through implementing sensors and the influence of the resident microbiota on *Listeria monocytogenes*. **Applied Sciences**, v. 9(21), p. 1–14, 2019.

HIRAI, N.; KEI, K.; YOSHIHARA, S.; NISHIMURA, T.; OGAWA, Y.; OGAWA, TAKU; HISHIYA, N.; SUZUK, C. I.; YANO, H.; YOSHIKAWA; M. Spinal epidural abscess caused by non-typhoidal *Salmonella*: A case report and literature review. **J. Infect. Chemother**, 2020.

HUNTER, J. C.; FRANCOIS WATKINS, L. K. **Infectious diseases related to travel-salmonellosis (nontyphoidal)**. Chapter 3, 2017. Disponível em: <https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2018/infectious-diseases-related-to-travel/salmonellosis-nontyphoidal/>. Acesso em: Novembro de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **Pesquisa Trimestral do Leite, Segundo Trimestre 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisatrimstral-do-leite.html?=&t=destaques>. Acesso em: Dezembro 2020.

JOURDAN-DASILVA, N.; FABRE, L.; ROBINSON, E.; FOURNET, N.; NISAVANH, A.; BRUYAND, M.; MAILLES, A.; SERRE, E.; RAVEL, M.; GUIBERT, V.; ISSENHUTH-JEANJEAN, S.; RENAUDAT, C.; TOURDJMAN, M.; SEPTFONS, A.; DE VALK, H.; LE HELLO, S. Ongoing nationwide outbreak of *Salmonella* Agona associated with internationally distributed infant milk products. **Eurosurveillance**, v. 23(2), 2018.

MACHADO, A. S. R. Caracterização fenotípica e genotípica de salmonelas isoladas de área rural e urbana de Manaus, Amazonas. Dissertação (Mestrado em Saúde, Sociedade e Endemias na Amazônia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

MAJOR G. C.; CHAPUT, J.P.; LEDOUX, M.; ST-PIERRE, S.; . ANDERSON, G. H.; ZEMEL, M. B.; TREMBLAY, A. Recent developments in calcium-related obesity research. **Obes. Rev.**, v. 9 (5), p. 428–445, 2008.

MASINAEI, M; ESHRATIB, B.; YASERIA, M. Spatial and spatiotemporal patterns of typhoid fever and investigation of their relationship with potential risk factors in Iran, 2012–2017. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 224, 113432, 2020.

MENDONÇA, J. F. M.; VIEIRA, F. O.; FONSECA, I.; RIBEIRO, J. B.; ARCURI, E. F.; BORGES, M. F.; BORGES, C. A. V. **Detection of viable pathogens in cheese by Real-Time PCR**. *Food Sci. Technol*, v. 39, p. 690-696, 2019.

MICHAELSEN K.F.; HOPPE, C.; ROOS N.; KAESTEL, P.; STOUGAARD, M.; LAURITZEN, L.; MOLGAARD, C.; GIRMA, T.; FRIIS, H. Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. **Food Nutr.**, v. 30, p. 343-404, 2009.

MOGASALE, V.; MASKERY, B.; OCHIALI, R.L. Burden of typhoid fever in low-income and middle-income countries: a systematic, literature-based update with risk-factor adjustment. **Lancet Global Health**, v. 2, p. 570–80, 2014.

PEEK, S.F.; CUMMINGS, K.J.; MCGUIRK, S.M. Infectious diseases of the gastrointestinal tract. In: Peek SF, Divers TJ, editors. *Diseases of dairy cattle*. **Elsevier**, ed. 3, 2017.

PINU, F. R. Early detection of food pathogens and food spoilage microorganisms: Application of metabolomics. **Trends in Food Science and Technology**, v. 54, p. 213–215, 2016.

QUIGLEY, L.; MCCARTHY, R.; O'SULLIVAN, O.; BERESFORD, T.P.; FITZGERALD, G.F.; ROSS, R.P.; STANTON, C.; COTTER, P.D. The microbial content of raw and pasteurized cow milk as determined by molecular approaches. **J. Dairy Sci.**, v. 96, p. 4928–4937, 2013.

RIPOLLES-AVILA, C.; CERVANTES-HUAMAN, B. H.; HASCOËT, A.-S.; YUSTE, J.; & RODRÍGUEZ-JEREZ, J. J. Quantification of mature *Listeria monocytogenes* biofilm cells formed by an in vitro model: A comparison of different methods. **International Journal of Food Microbiology**, v. 289, p. 209–214, 2019.

RIPOLLES-AVILA, C.; MARTÍNEZ-GARCIA, M.; CAPELLAS, M.; YUSTE, J.; RODRÍGUEZ-JEREZ, J.J. From hazard analysis to risk control using rapid methods in microbiology: A practical approach for the food industry. **Compr. Rev. Food Sci Food Saf.**, v. 19, p. 1877–1907, 2020.

RIYAZ-UL-HASSAN, S.; VERMA, V.; QAZI, G.N. Real-time PCR-based rapid and culture-independent detection of *Salmonella* in dairy milk – addressing some core issues. **Lett. Appl. Microbiol.**, v. 56, p. 275-282. 2013

RODENBURG, J. Changes in dairy farm management strategies with the adoption of robotic milking. **Journal of Animal Science**, v. 94, 2016.

SHARABI, S.; OKUN, Z.; SHPIGELMAN, A. Changes in the shelf life stability of riboflavin, vitamin C and antioxidant properties of milk after (ultra) high pressure homogenization: Direct and indirect effects. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 47, p.161–169, 2018.

SMITH, B.P. Salmonellosis in ruminants. Large animal internal medicine, **Elsevier**, 5 ed. p. 877–81, 2019.

TADESSE, G. Prevalence of human salmonellosis in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. **Infect. Dis.**, v. 14 (1), p. 88, 2014.

VIGNAUD, M.; CHERCHAME, E.; MARAULT, M.; CHAING, E.; LE HELLO, S.; MICHEL, V.; JOURDAN DA SILVA, N.; LAILLER, R.; BRISABOIS, A.; CADEL-SIX, S. Low intake of calcium and vitamin D, but not zinc, iron or vitamin A, is associated with stunting in 2- to 5-year-old children. **Nutrition**, v. 31 (6), p. 841–846, 2015.

VIGNAUD, M.; CHERCHAME, E.; MARAULT, M.; CHAING, E.; LE HELLO, S.; MICHEL, V.; JOURDAN DA SILVA, N.; LAILLER, R.; BRISABOIS, A.; CADEL-SIX, S. MLVA for *Salmonella enterica* subsp. *enterica* Serovar Dublin: Development of a Method Suitable for Inter-Laboratory Surveillance and Application in the Context of a Raw Milk Cheese Outbreak in France in 2012. **Front. Microbiol.**, v. 8, p.295, 2017.

WATTHIAU P, BOLAND C, BERTRAND S. Methodologies for *Salmonella enterica* subsp. *Enterica* subtyping, gold standards and new methodologies. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 77, p. 7877–85, 2011.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Typhoid**, 2018a. Disponível em: <https://bit.ly/2CV6n57>. Acesso em: Dezembro de 2020.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Salmonella (non-typhoidal)**, 2018b. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(nontyphoidal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(nontyphoidal)). Acesso em: Dezembro de 2020.

YOON, Y.; LEE, S.; CHOI, K.H. Microbial benefits and risks of raw milk cheese. **Food Control**, v.63, p. 201–215, 2016.

CAPÍTULO II

ARTIGO

***Salmonella* spp. can represent a risk to outbreaks by the milk and dairy products consumption in the State of Bahia, Brazil?**

Isabelle Pryscylla da Silva Viana^{1,2}, Anisio Iuri Lima dos Santos Rosário¹, Nathália Brizack Monteiro¹, Marion Pereira da Costa^{1,2,*}

¹ Laboratório de Inspeção e Tecnologia de Leite e Derivados, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brazil.

² Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brazil.

* Corresponding author:

Marion Pereira da Costa, D.V.M., M.Sc., Ph.D.

Av. Adhemar de Barros, 500 – Ondina, Salvador, Bahia, Brasil, CEP 40170-110

E-mail address: marioncosta@ufba.br (M. P. Costa).

ABSTRACT

Salmonella spp. is a bacterium with worldwide distribution and responsible for food outbreaks in several countries, including Brazil. Farm animals represent reservoirs of various pathogens that can be transferred to milk, including *Salmonella*. Once the raw material is contaminated, it can cause contagion of all other products derived from milk. The products contaminated start to pose severe risks to the health of the consumer. In this work, we reproduced a study of data from health and national and international agencies on the main characteristics of foodborne outbreaks. The search for data was carried out with the health agencies, both regionally and nationally, in addition to the search for international information on *Salmonella* in milk and dairy products. And research on *Salmonella* spp. in several types of dairy products under State Inspection in the State of Bahia, Brazil in 302 products between 2019 and 2020. Microbiological analyzes were performed by conventional method following the methodology of the International Organization for Standardization for *Salmonella* spp. with modifications. However, throughout the analysis, the bacteria was not identified in any of the milk samples and its derivatives analyzed in the State of Bahia. However, there is a relatively high incidence of *Salmonella* spp. related food outbreaks in Brazil, and it was not detected in any sample of milk and dairy products in Bahia, identifying the biological risk of the pathogen in these foods is a concern for public health agencies once the bacteria can seriously affect the health of the population.

Keywords: Milk, Dairy products, Food safety, Dairy industry, Foodborne disease, Biological hazards, Pathogenic microorganism.

1 Introduction

Foodborne diseases, commonly known as food poisoning, have aroused great concern in recent years, and a foodborne bacterial infection is a common cause of morbidity and fatality (Ahmed et al. 2014). *Salmonella* is one of the four chief global causes of 550 million annual diarrheal disease cases, announced by the World Health Organization (WHO, 2018) and *Salmonella* Enteritidis was the most common detected agent of the total 5079 reported foodborne outbreaks in Europe in 2017 (EFSA, 2018). This is increasingly present in dairy cattle worldwide and can survive up to one year in dry faeces, which is the primary contamination vector in cattle (Chlebicz and Slizewska, 2018; Poupée, 2016). Foodborne bacteria, such as *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (*S. enterica*), which has habitat the endothermic animals, is one of the major causative agents of foodborne diseases from contaminated food and water, corresponding to 99% cases of human salmonellosis and among the top of foodborne gastroenteritis worldwide (Brenner et al. 2005; Kirk et al. 2015).

Consumption of raw milk and fresh artisanal cheeses is very common, and most of them are made from unpasteurized cow milk (Guzman-Hernandez et al., 2017). Specifically, microbial contamination has become a great concern over raw milk and milk-based products such as cheese and yogurt, for example (Faille et al., 2017). The presence of *Salmonella* in dairy products is mainly due to the post-pasteurization contamination of milk (Modi et al., 2001; Olsen et al., 2004). The consumption of dairy products contaminated with *Salmonella* can cause a serious foodborne illness known as salmonellosis (Eng et al., 2015). Therefore, the control of post-processing contamination of milk is a key factor in preventing the dissemination of *Salmonella* serovars to milk-based products.

Milk can be contaminated through fecal material, contaminated equipment and utensils with *Salmonella* spp. and can be detected in the intestinal tract of healthy animals and contamination mainly occurs during milking operations. The other possibility of contamination is through food handlers with the pathogen in question (Menezes et al. 2014; Milloggo et al. 2010; Silveira; Bertagnolli, 2014) mainly regarding asymptomatic carriers since they can spread the bacteria without any symptoms (Heuchel et al., 2000, LeLièvre, 2018).

Some types of cheese have intense handling in their processing. When combined with this characteristic, there are flaws in hygienic-sanitary conditions. These cheeses become a potential vehicle of contamination for consumers (Duarte et al., 2005). In Brazil, among the pathogens involved in food outbreaks, the *Salmonella* spp. occupies second place (11,2%) in the ranking of distribution of the most identified etiological agents between 2009 to 2018 (Brazil, 2020). In Bahia, there are also records number of cases reports between 2009 to 2019 with 161 cases of salmonellosis (DATASUS, 2020). Therefore, control and investigation of microbiological contamination in processes and products are so crucial for the food industry since the presence of pathogens in the final product can cause significant economic losses, compromising the image of the dairy company, besides to be a concern to public health (EFSA / ECDC, 2014).

Thus, to guarantee food safety today, a large number of companies apply the Good Manufacturing Practices (GMP) and Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) system as a preventive system to ensure the safety of the food that they produce, store or distribute. The system is used at all stages of food production and preparation processes, including packaging, distribution, etc. This program expanded in all spheres of the food industry, going into the meat, poultry, seafood and dairy products. However, HACCP is a systematic preventive approach to food safety and pharmaceutical safety that addresses physical, chemical, and biological hazards as a means of prevention rather than finished product inspection (Grujić, Ivanović and Antonić, 2010, Novaković, 2017).

In this scenario, the objective of the study was to evaluate the impact of milk and related derivatives on the panorama of food outbreaks caused by *Salmonella* spp. in Brazil through the search for official data and to investigate, during one year, the presence of *Salmonella* spp. in milk and dairy products that undergo state inspection in the State of Bahia, Brazil. In addition, assess whether there is a relationship between the incidence of outbreaks by Salmonellosis in Brazil and State of Bahia.

Impacts

- Taking into account the problems that Salmonellosis by consumption of contaminated food products can cause to public health in Brazil, the work in question contributes to the microbiological research and monitoring of *Salmonella* spp. in milk and its derivatives in the State of Bahia, Brazil in the studied period.

- The results contribute to a better understanding of the factors related to the incidence of Salmonellosis outbreaks in Brazil and can be used to improve control measures.
- The study can be used by the State Inspection Services, the industries and the population concerning the incriminated risks to the consumption of dairy products in Bahia, Brazil.

2 Materials and methods

In this study, we evaluated the occurrence of food poisoning outbreaks caused by *Salmonella* spp. both in Brazil and in State of Bahia (Brazil). For the former, the official data of Brazil were collected from Ministry of Health of Brazil from 2009 to 2019 while for the last, the official data from Health Secretary of Bahia were collected from 2009 to 2019. For both, the data were obtained through online consultation about foodborne diseases, *Salmonella* spp. and Typhoid Fever in Brazil and Bahia and they were obtained through DATASUS TabNet (2020) (Department of Informatics of the Unified Health System), by online session, according to the CID-10 (International Statistical Classification of Diseases and Health-Related Problems) (BRAZIL, 2020a; BRAZIL, 2020b; SESAB, 2020). After, these data were tabulated and presented according to the percentage index.

Posteriorly, *Salmonella* spp. was investigated in all milk samples sent to the Laboratory of Inspection and Technology of Milk and Dairy Products from the Federal University of Bahia, between April 2019 to April 2020 in Bahia. A total of 302 samples of dairy products, including raw milk (n = 9), pasteurized milk (n = 68), pasteurized cream (n = 5), butter (n = 32), cheese (n = 145), fermented milk (n = 34), milk drink (n = 4) and dulce de leche (n = 5), were sent from 7 mesoregions of 54 municipalities of the state of Bahia (Northeast Brazil) (Figure 1). The samples were transported to the laboratory at 5 ± 1 °C for microbiological procedures. All samples were produced under State Inspection Service.

For the isolation of *Salmonella* spp. from dairy samples previously collected, International Organization for Standardization (ISO 6579:2002) was used as methodology, with some modifications to isolate this bacterium from samples. Each dairy sample (25 g or 25 mL) were added to 225 mL of 0.1% buffered peptone water

(Merck®, Germany), after homogenization, incubated at 37 ° C for 24 h, corresponding to pre-enrichment phase. Then, 1 mL and 0.1 mL aliquots were added, respectively, to enriched in Tetrathionate Broth (TT) and Rappaport–Vassiliadis Broth and, simultaneously incubated at 42 ° C for 24h. Subsequently, the differential plated were performed on Xylose Lysine Deoxycholate Agar (XLD), Bright Green Agar (VB) and Enteric Hectoen Agar (HE), then incubated at 37 ° C for 24h. In this stage, the typical colonies of *Salmonella* spp. were selected. These colonies were confirmed by biochemical screening test with Hydrogen Sulfite, Indol and Motility Agar, Urea Agar, Lysine Iron Agar and Triple Iron Sugar Agar, incubated at 35 ° C for 24h. The cultures that showed typical reactions for *Salmonella* spp. were submitted to biochemical confirmation tests, using sowing in Lactose Broth, Glucose, Sucrose, Mannitol, Voges and Proskauer, Methyl Red and Citrate Agar. There was no biochemical confirmation, and therefore, serological confirmation was not performed. The results were expressed in the presence or absence of *Salmonella* spp. in 25 g or mL of milk and dairy products.

The microbiological analyzes carried out followed national laws such as the technical quality and identity regulations for some dairy products for other dairy products, following international rules for *Salmonella* spp. (Table 3). (Directive 92/46/EE; Brazil, 2005; Brazil ,1996; Brazil 1997; Brazil, 1997b)

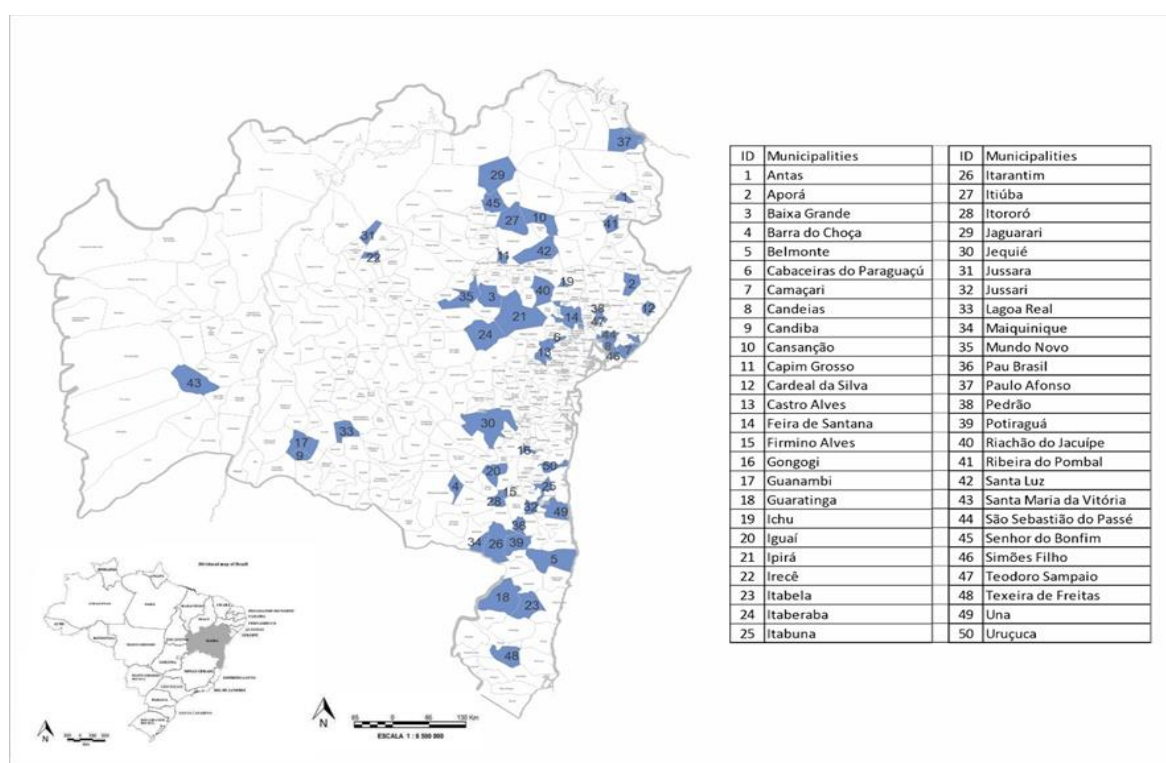


Figure 1 - Milk and dairy products from 54 different sampled locations.

3 Results

3.1 Outbreaks in Brazil by *Salmonella* spp.

As showed in Table 1, outbreaks most frequently occurred in private residences (36.9 %), restaurants and bakeries (15.8 %) followed by accommodation and work (11.6 %). As food vehicles were reported, in decreasing order if incidence, mixed foods (25.5 %), water (21.2 %), multiple foods (10.7 %), followed by milk and dairy products (7.9 %). Of the total outbreaks with a single known etiology, the bacterial disease was responsible for the major outbreaks - *Escherichia coli* (24.0 %) and *Salmonella* spp. (11.2 %) occupied the first and second place in the ranking, respectively (Table 1). Thus, milk and dairy products are the fourth food more associated with foodborne outbreaks in Brazil, and *Salmonella* spp. is the fourth main microorganism involved (Table 2). Therefore, it proves the studies relevance regarding the quality and safety of dairy products with contamination by *Salmonella* spp.

Table 1 - Main characteristics of outbreaks between the years 2009 to 2018 in Brazil.

Outbreaks			
Settings	Private Residence	n = 6,903	36.9%
	Restaurants and bakeries		15.8%
	Accommodation and work		11.6%
Foods	Mixed foods	n = 2,403	25.5%
	Water		21.2%
	Multiple foods		10.7%
	Milk and dairy products		7.9%
	Eggs and eggs products		5.6%
	Fresh beef, processed and ground		5.4%
	Sweets and desserts		4.0%
Microorganism	<i>Escherichia coli</i>	n = 2,030	24.0%
	<i>Salmonella</i> spp.		11.2%
	<i>Staphylococcus aureus</i>		9.5%
	Coliforms		6.5%
	Norovirus		3.6%

n=outbreaks. Source: Ministry of Health of Brazil

The distribution of cases by place of *Salmonella* spp. occurred mainly in restaurants and bakeries, followed by events, schools, work and hospitals and health units, respectively, between the years 2010 to 2019 (Figure 2). Table 3, shows the cases of *Salmonella* spp. outbreaks per year in Brazil, from 2010 to 2019 and Table 4, reports data on outbreaks involving *Salmonella* by regions of Brazil.

Table 2 - Main microorganisms involved in outbreaks in milk and dairy products in Brazil between 2010 to 2019.

Microorganisms in milk and derivatives		
Microorganism		Cases
	<i>Escherichia coli</i>	492
	Coliforms	310
	<i>Staphylococcus aureus</i>	308
	<i>Salmonella</i> spp.	119

Source: DATASUS TabNet/ Ministry of Health of Brazil

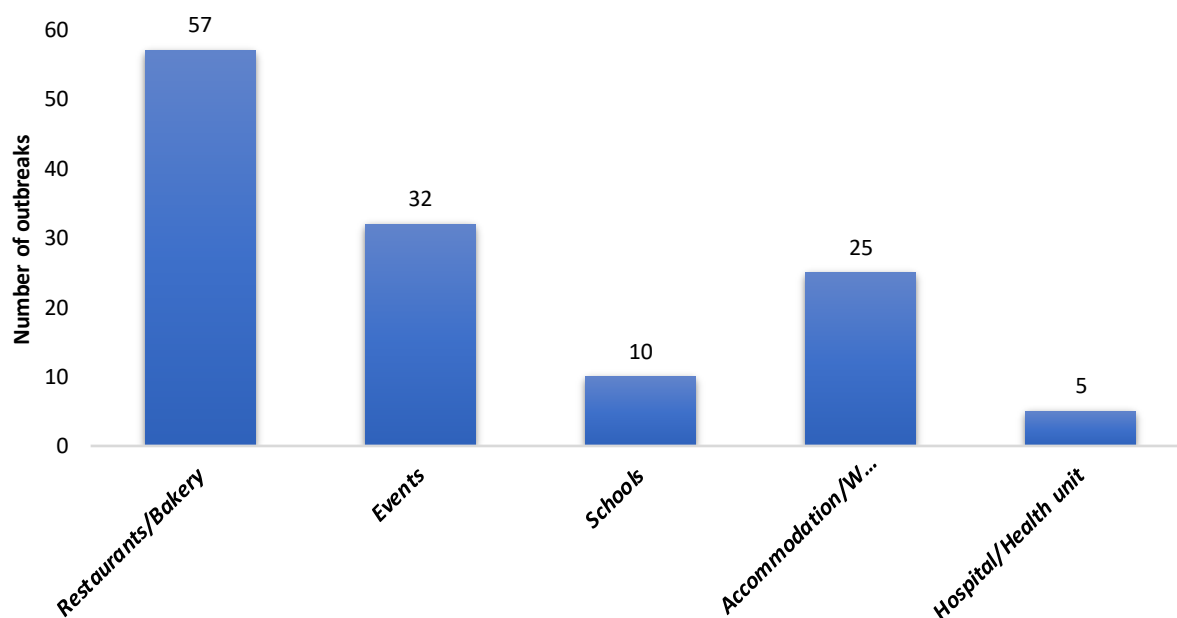


Figure 2 - Distribution of outbreaks causes by *Salmonella* spp. by place of occurrence, 2010 to 2019 in Brazil. Source: DATASUS TabNet/ Ministry of Health of Brazil.

Table 3 - Outbreaks causes by *Salmonella* spp. in Brazil between 2010 and 2019.

Year	Cases
2010	2,445
2011	2,010
2012	2,927
2013	5,244
2014	1,910
2015	1,489
2016	888
2017	738
2018	594
2019	164
Total	18,245

Source: DATASUS TabNet/ Ministry of Health of Brazil

Table 4 - Outbreak cases related to *Salmonella* spp. in milk and dairy products by region of Brazil between the years 2010 to 2019.

Year	Region	Cases	
		n	%
2010	Southeast	9	7.56
2011	Northeast	4	3.36
2013	Southeast	5	4.20
2015	Northeast	40	33.61
2016	Southeast / North	16	13.44
2017	North/ Northeast	38	31.93
2018	North	7	5.88
Total		119	100

Source: DATASUS TabNet/ Ministry of Health of Brazil

3.2 Outbreaks in State of Bahia by *Salmonella* spp. and *Salmonella* Typhi

In table 5, we have data on salmonellosis in Bahia and the foods incriminated in the outbreaks and Table 6 shows the distribution of cases reported for typhoid fever in Bahia, relating the percentage and number of counties involved during 2010 to 2019.

Table 5 - Number of reported Salmonellosis, by year, in State of Bahia from 2010 to 2019.

Year	Food	Cases
		n
2010	-	0
2011	Eggs	81
2012	Mixed foods	75
2013	Not identified	5
2014	-	0
2015	-	0
2016	-	0
2017	-	0
2018	-	0
2019	-	0
Total		161

Source: DATASUS TabNet/ Ministry of Health of Brazil

Table 6 - Number of reported typhoid fever, by year, in State of Bahia during 2010 to 2019.

Year	Bahia			
	Cases		Municipalities	
	n	%	n	%
2010	35	36.08	17	33.33
2011	25	25.77	8	15.69
2012	7	7.22	7	13.73
2013	6	6.19	4	7.84
2014	3	3.09	3	5.88
2015	2	2.06	2	3.92
2016	2	2.06	2	3.92
2017	0	0.00	0	0.00
2018	16	16.49	7	13.73
2019	1	1.03	1	1.96
Total	97	100	51	100

Source: DATASUS TabNet/ Ministry of Health of Brazil

3.3 Analyze of *Salmonella* spp. in State of Bahia, Brazil

Although *Salmonella* spp. is the second leading microorganism causing food outbreaks in Brazil (Table 1), it was not detected in any samples analyzed in the present work (Table 7). In addition, the samples being in accordance with the national and international legislation since the criterion adopted for a sample to be considered satisfactory is the absence of *Salmonella* spp. (Table 7).

Table 7- *Salmonella* spp. occurrence in dairy products collected in Bahia, Brazil.

Samples		Salmonella spp. result	Microbiological criteria	Reference
Type	Total			
Raw milk	9	Absence	Absence	EC 2073/2005
Pasteurized milk	68	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Butter cream	5	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Butter	32	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Milk Sweet	5	Absence	Absence	MAPA PORT. 354/1997
Yogurt	34	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Dairy beverage	4	Absence	Absence	MAPA IN 16/2005
Coalho cheese	32	Absence	Absence	MAPA PORT. 146/1996
Matured cheese	5	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Minas Frescal cheese	32	Absence	Absence	MAPA PORT. 146/1996
Minas Padrão cheese	7	Absence	Absence	MAPA PORT. 146/1996
Mozzarella cheese	29	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Parmesean cheese	4	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Prato cheese	10	Absence	Absence	MAPA PORT. 146/1996
Provolone cheese	5	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Burrata cheese type	2	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Reino cheese type	2	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Cream cheese	7	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC
Requeijão do Norte	3	Absence	Absence	MAPA PORT. 359/1997
Ricotta	7	Absence	Absence	Directive 92/46/EEC

4 Discussion

Salmonella can cause two types of disease, depending on the serotype: non-typhoid salmonellosis and typhoid fever. The symptoms of non-typhoid salmonellosis can be quite unpleasant, but the disease is usually self-limiting among healthy people (although it can lead to death in some cases). Most cases of non-typhoid salmonellosis

have symptoms typical of foodborne diseases, such as vomiting, abdominal pain, fever and diarrhea, which usually last for a few days and decrease in a week. In contrast, typhoid fever is more severe and has a higher mortality rate than non-typhoid salmonellosis and the symptoms initially presents with a high fever (40°C) and nonspecific symptoms (severe headache, pain behind the eyes, myalgias, arthralgias, nausea, vomiting, swollen glands), petechiae and hemorrhages (CDC, 2018; Brazil, 2020; Paphitis et al., 2020).

Although CDC estimates *Salmonella* causes 1 million foodborne illnesses every year in the United States, the number of cases is estimated to be underreported; for every person with a *Salmonella* illness confirmed by a laboratory test, there are about 30 more people with *Salmonella* illnesses that are not reported. Most people who get food poisoning do not go to a doctor or submit a sample to a laboratory, so we never learn what germ made them sick (CDC, 2019). European food safety authorities reveal that 4.8% of outbreaks in Europe are associated with eating contaminated cheese (EFSA / ECDC, 2018). However, foodborne diseases have significant morbidity and mortality, it is estimated that thousands of people are hospitalized and some die from this cause. It is complicated to estimate the actual number of outbreaks because the public health system registers not registered due to incorrect diagnoses or underreporting (Kim, et al., 2015).

This study was conducted with data acquired from the Ministry of Health, in Brazil, between 2009 and 2019, among the pathogens involved in outbreaks, *Salmonella* spp. occupies the second position in the ranking of distribution of the most identified etiological agents and milk and dairy products, it occupies the fourth position between 2010 to 2019. In the State of Bahia, Brazil, the official data consulted between the years 2010 to 2019 did not observe any case of salmonellosis outbreak arising from milk and dairy products and the cases found between the years 2011 to 2013 are associated with the consumption of eggs and mixed foods specifically.

According to Guillier et al. (2020), for the population, foods significantly associated with salmonellosis were eggs and egg products, composite foods, and meat (pork, red meats other than beef and poultry meats) in Europe. The data collected by the European RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed) in 2017 also confirm the importance of these categories. Of the 170 notifications from EU Member States, poultry ranks first in terms of the number of salmonellosis alerts, followed by other meat and eggs and egg products (RASFF, 2017). Similar to Domingues et al. (2012), the

consumption of dairy products was not considered significant in the mixed population, despite the frequent link between the consumption of raw milk cheese and *Salmonella* outbreaks (Yoon et al., 2016).

Regarding the typhoid fever cases in Bahia, there is a general decrease over the years, with no outbreak cases reported in 2017, a sharp increase in 2018 and a fall soon after 2019. According to the last national study in Iran (Masoumi et al., 2013), typhoid fever incidence has decreased substantially in the last decades. In Masinaei et al. (2020) identified the socioeconomic status as the key determinant in this downfall of typhoid fever and found most of the cases in rural areas and showed important protective effects of urbanization and wealth index on typhoid fever and studied the variables that importantly relate to the typhoid fever incidence are public sewerage system, years of schooling, wealth index and urbanization.

Throughout the world, livestock production safety is one of the most important public health concerns. This is because of threats, specifically milk-borne zoonotic diseases, such food poisoning caused by bacterial organisms, besides microbiological hazards as pathogenic bacteria like *Salmonella* spp. The GMP (Good Manufacturing Practice) and HACCP (hazard Analysis and Critical Control Point) systems are important in the dairy industry as it ensures the production of high-quality milk (Lievaart et al., 2005). Contamination by this pathogen may be related to different causes and even the low percentage found can represent a risk to public health since *Salmonella* spp. presence already classifies the product as unfit for consumption (Sousa, et al. 2014).

The contamination found in raw milk is reported, and its occurrence is mainly associated with inefficient hygiene practices since *Salmonella* spp. is found in the feces of dairy cows. The presence of this pathogen can report a problem during milk pasteurization or contamination during the packaging, storage, or distribution process (Van Duynhoven et al., 2009). Therefore, GMP are essential to avoid raw milk contamination on production farms (Kousta et al., 2010). Prates et al. (2017) analyzed samples of raw, pasteurized milk, Prato cheese and Coalho cheese in the State of Rio Grande do Sul, in Brazil, and identified *Salmonella* spp. in just one sample of raw milk. In another study carried out with 104 samples of handmade and industrial Coalho cheese from six states in the northeast of Brazil, *Salmonella* spp. was identified in 0.96 % of samples, representing one handmade cheese sample (Sousa, et al. 2014).

Perry et al. (2004) report that milk and cheese are foods that are so susceptible to the growth of microorganisms and may be the cause of a part of food outbreaks in the world. In line, according to Franz et al. (2019), 65% of the outbreaks are caused by *Salmonella* spp. and show the relationship with products of animal origin, of which milk and dairy products occupy 14.4% of this statistic in Europe. For this reason, the detection of pathogens in dairy products may pose a critical challenge to ensure food security (Scallan et al., 2011). As one of the most essential tasks for producing safe food is the elimination or at least the reduction of foodborne pathogenic microorganisms, it is necessary to find a way to detect them in the early stages of growth by reducing the risks of food outbreaks (Giacometti et al., 2013; Pinu, 2016).

In 50 samples of Minas Frescal cheese marketed in Botucatu, São Paulo, Brazil, *Salmonella* spp. was found in their 2 % (Queiroz et al. 2017). And Cunha-Neto et al. (2019) analyzed in the State of Mato Grosso a total of 225 samples of cheese produced from pasteurized milk, wherein 1.3 % of the samples presented *Salmonella* spp. in Mozzarella cheese and Prato cheese. Guatemin et al. (2016) did not detect *Salmonella* spp. in any of the 30 samples of Ricotta sold in Santa Catarina, Brazil.

It is well established in the literature that a combination of control measures related to the efficient establishment of preconditions and efficient monitoring of control and critical control points during the production process ensure food safety cost-effectively and efficiently. Consistently, decreases in the population of pathogenic microorganisms, including *Enterobacteriaceae* were observed by Cusato et al. (2013) when evaluated the implementation of a secure food system in an industry of dairy processing. The work by Guatemin et al. (2016) exhibited that during the process of implementing a secure food system, major challenges are faced, even so, the changes made in the food industry are fully valid and positive.

We can see that the absence of *Salmonella* spp. in the study carried out between the years 2019 and 2020 corroborates with the official researched data and several studies related to *Salmonella* in dairy products. In this context, the present study's findings for milk and dairy products analyzed for *Salmonella* spp. in the State of Bahia, carried out within the standards required by national and international legislation, possibly demonstrating the efficiency and sanitary control implemented in dairy establishments. The results may indicate an evolution in the improvement of GMP since the acquisition of the raw material and throughout the milk production process, contributing to reducing the risks represented to public health. In addition, better

sanitation conditions for the population and better social levels possibly influence the outbreaks reduction by *Salmonella* spp.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thanks the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (grant no. 405728/2018-2, CNPq, Brazil). Isabelle Silva was supported by CAPES.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahmed, A., Rushworth, J. V., Hirst, N. A., Millner, P.A. (2014). Biosensors for Whole-Cell Bacterial Detection. *Clin. Microbiol. Rev.*, 27(3), 631–646. <https://doi.org/10.1128/CMR.00120-13>.
- Brazil. (2005). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 16, de 23 de agosto de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea. Brasil: Diário Oficial da União, 24/08/2005, Seção 1, 7.
- Brazil. (1996). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n ° 146, de 07 de março de 1996. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Produtos Lácteos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 mar. 1996. Seção 1, 22-31.
- Brazil. (1997a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n ° 354, de 04 de setembro de 1997. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de doce de leite. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 set. 1997. Seção 1, p.19685.
- Brazil. (1997b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n ° 359, de 04 de setembro de 1997. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade do Requeijão ou Requesón. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 set. 1997. Seção 1, p.1969.
- Brazil. (2019a). Ministério da Saúde. Surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil. Retrieved from: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2016/junho/08/Apresentacao-Surtos-DTA-2016.pdf>
- Brazil. (2019b). Ministério da Saúde. Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil. Retrieved from: <http://www.saude.gov.br/images/pdf/2019/fevereiro/15/ApresentacaoSurtosDTAFevereiro-2019.pdf>

- Brazil. (2020c). Ministério da Saúde. Salmonella. Retrieved from: <http://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/Salmonella>.
- Brazil. (2020b) Ministério da Saúde. Boletim Epidemiológico. Secretaria de Vigilância em Saúde. Volume 51, nº 34.
- Brazil. (2020c). Ministério da Saúde. DATASUS: Banco de dados do Sistema Único de Saúde, Informações de Saúde, Epidemiológicas e Morbidade. Retrieved from: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>.
- Brenner, D. J.; Farmer III, J. J. Family of Enterobacteriaceae. In: BRENNER, D. J.; KRIERG, N. R. & STALEY, J. T. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2(2), 587-607.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2018). Estimates of foodborne illnesses in the United States. Retrieved from: <https://www.cdc.gov/foodborneburden/2011-foodborne-estimates.html>.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2019). *Salmonella*. Retrieved from: <https://www.nc.cdc.gov/travel/yellowbook/2020/travel-related-infectious-diseases/typhoid-and-paratyphoid-fever>.
- Chlebicz, A., Slizewska, K. (2018). Campylobacteriosis, salmonellosis, yersiniosis, and listeriosis as zoonotic foodborne diseases: a review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15. <https://doi.org/10.3390/ijerph15050863>.
- Cunha Neto, A., Carvalho, L. A., Castro, V. S., Barcelos, F. G., Carvalho, R. C. T., Rodrigues, D.P., Conte Junior, C. A., Figueredo, E. E. S. (2019). *Salmonella* Anatum, S. Infantis and S. Schwarzengrund in Brazilian Cheeses: Occurrence and antibiotic resistance profiles. *International Journal of Dairy Technology*, 70. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12636>.
- European Commission (EC) (2004). Commission Regulation n ° 853/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. *Official Journal of the European Commission* 139,55–205.
- European Commission (EC) (2005). Commission Regulation n ° 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. *Official Journal of the European Commission* 26,1–26.
- Directive 92/46/EEC of the European Commission of 16 June 1992, OJEC L. 268, 14.09.1992.
- Domingues, A.R., Pires, S.M., Halasa, T., Hald, T. (2012). Source attribution of human salmonellosis using a meta-analysis of case-control studies of sporadic infections. *Epidemiology & Infection* 140 (6), 959–969. <https://doi.org/10.1017/S0950268811002172>.
- Duarte, D. A. M. Feitosa, T., Borges M. F., Nassu, R. T., Azevedo, E. H. F., Muniz, C. R. (2005). Pesquisa de *Listeria monocytogenes* e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijo de coalho produzido e comercializado no Estado do Pernambuco. *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*, 72 (3), 297-302.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2018). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSA J.* 16, 05500.
- European Food Safety Authority/European Centre For Disease Prevention and Control (EFSA/ECDC) (2014). The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-born Outbreaks in 2012. *EFSA Journal*, 12, 312.
- Franz, C. M. A. P., den Besten, H. M. W., Böhnlein, C., Gareis, M., Zwietering, M. H., Fusco, V. (2019). Microbial food safety in the 21st century: emerging challenges

- and foodborne pathogenic bacteria. *Trends in Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.009>.
- Grujić, R., Ivanović, M., Antonić, B. (2010). Implementation of Food Safety Management System in Food Production and Handling in Northern Serbia. *Quality of Life*, 1 (2-4), 114-120.
- Guatemi, E. L. X., Silveira, S. M., Millezi, A. F., Ferenz, M., Costa, K. D., Rossi, P., Bampi, G. B. (2016). Evaluation of the microbiological quality of ricotta cheese commercialized in Santa Catarina. *Brazil Food Sci. Technol, Campinas*, 36 (4), 612-615. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.08716>.
- Guillier, L., Thébault, A., Fravallo, P., Mughini-Gras, L., Jourdan S. N., David J., Kooh, P., Cadavez, V. (2020). Risk factors for sporadic salmonellosis: a systematic review and meta-analysis. *Microbial Risk Analysis*. <https://doi.org/100-138.10.1016/j.mran.2020.100138>.
- Heuchel, V., Marly, J., Meffe, N. (2000). Origine et moyens de maîtrise à la production de la 479 contamination du lait de vache par salmonelles, in: *Compte-Rendu*. 1–62.
- International Standards Organization (ISO) (2002). ISO 6579, Microbiology. General guidance on methods for the detection of salmonella. International Standards Organization, Geneva, Switzerland.
- Kim, Y. S., Lee, S. H., Kim, S. H., Joo, Y., Bahk, G. J. (2015). Investigation of the experience of foodborne illness and estimation of the incidence of foodborne disease in South Korea. *Food Control*, 47, 226–230.
- Kirk, M. D., Pires, S. M., Black, R. E., Caipo, M., Crump, J. A., Devleeschauwer, B., Angulo, F. J. (2015). World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 22 foodborne bacterial, protozoal, and viral diseases, 2010: A data synthesis. *PLoS Med*, 12, 1001921. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001921>.
- Kousta, M., Mataragas, M., Skandamis, P., Drosinos, H.E. (2010). Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels. *Food Control*, 21, 805-815. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.11.015>.
- LeLièvre, V., B., A., Schlusshuber, M., Desmases, N. D. M. (2018). Phages for biocontrol in foods: What opportunities for *Salmonella* sp. control along the dairy food chain? *Food Microbiology*, 78, 89-98. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.10.009>.
- Masinaei, M; Eshratib, B.; Yaseria, M. (2020). Spatial and spatiotemporal patterns of typhoid fever and investigation of their relationship with potential risk factors in Iran, 2012–2017. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 224, 113432.
- Masoumi Asl, H., Gouya, M.M., Nabavi, M., Aghili, N. (2013). Epidemiology of typhoid fever in Iran during last five decades from 1962-2011. *Iran. J. Public Health* 42, 33–38.
- Menezes, M. F. C., Simeoni, C. P., Bortoluzzi, D., Huerta, D., Etchepare, M., Menezes, C. (2014). Microbiota e conservação do leite. *REGET - Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, RS*, 18, 76-89. <http://dx.doi.org/10.5902/2236117013033>.
- Paphitis, K., Pearl, D. L., Berke, O., McEwen, S. A. Trotz-Williams, L. (2020). A case–case study comparing the individual risk factors and symptomatology of *Salmonella* Heidelberg and *Salmonella* Typhimurium in Ontario in 2015,

- following implementation of the Ontario Investigation Tools. *Zoonoses and Public Health*, 67 (5), 484-495. <https://doi.10.1111/zph.12709>.
- Poupée, B. (2016). Control of salmonellosis in dairy cattle breeding: evaluation of sanitary management measures, of vaccination and of adding pre- and probiotics in the diet. Université de Nantes, Oniris, France.
- Prates, D. F., Wufel, S. R., Goldbeck, J. C., Lima, A, S. (2017). Microbiological quality and safety assessment in the production of moderate and high humidity cheeses. *Cienc. Rural*, (47), 11, e20170363. Epub Oct 26, 2017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170363>.
- Queiroz M. M., Rossi, B. F., Catilho, I. G., Rall, V. L. M. (2017). Hygienic-sanitary quality of Minas fresh cheese sold in the city of Botucatu, São Paulo. *Avaliação higiênico-sanitária de queijos Minas frescal comercializados na cidade de Botucatu, São Paulo. Arq. Inst. Biol*, 84.
- Food and Feed and Safety Alerts (RASFF) (2017). The Rapid Alert System for Food and Feed - Annual Report 2016. Retrieved from: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/rasff_annual_report_2016.pdf.
- Secretaria da Saúde do Estado da Bahia (SESAB) (2020). Sistema de Informação de Agravos de Notificação 2020. Retrieved from: <http://www3.saude.ba.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinan/ftifo.def>.
- Silveira, M. L. R.; Bertagnolli, S. M. (2014). Avaliação da qualidade do leite cru comercializado informalmente em feiras livres no município de Santa Maria. *Vigilância Sanitária Debate*, Rio de Janeiro, v. 2 (1), 75-80. <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/135/120>.
- Sousa, A. Z. B., Abrantes, M. R., Sakamoto, S. M., Silva, J. B. A., Lima, P. O., Lima R. N., Rocha, M. O. C., Passos, Y. D. B. (2014). Physical-chemical and microbiological aspects of the rennet cheese sold in the Northeast States of Brazil. *Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, 81 (1), 30-35. <https://doi.org/10.1590/S1808-16572014000100006>.
- Van Duynhoven, Y. T. H .P., Isken, L. D., Borgen, K., Besselse, M., Soethoudt, K., Haitsma, O., Mulder, B., Notermans, D. W., De Jonge, R., Kock, P., Van Pelt, W., Stenvers, O., Van Steenberghe, J. Outbreak Investigation Team (2009). A prolonged outbreak of *Salmonella* Typhimurium infection related to an uncommon vehicle: hard cheese made from raw milk. *Epidemiology & Infection*, 137, 1548–1557. <https://doi.org/10.1017/S0950268809002337>
- World Health Organization (WHO) (2018). *Salmonella (non-typhoidal)*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal)).
- Yoon, Y., Lee, S., Choi, K.H., 2016. Microbial benefits and risks of raw milk cheese. *Food Control* 63, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.11.013>.