



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA E MONITORAMENTO
AMBIENTAL

WILLIAM FANCA AVANCINI

Avaliação da contaminação por microplásticos no processo produtivo de queijos

SOROCABA-SP

2026

WILLIAM FANCA AVANCINI

Avaliação da contaminação por microplásticos no processo produtivo de queijos

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental da
Universidade Federal de São Carlos campus
Sorocaba como requisito parcial para a obtenção
do título de Mestre em Biotecnologia

Orientador(a): Prof. Dr. Walter Ruggeri Waldman

Sorocaba

2026

WILLIAM FANCA AVANCINI

Avaliação da contaminação por microplásticos no processo produtivo de queijos

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 27/03/2026, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Dr.(a) Walter Ruggeri Waldman
Universidade Federal de São Carlos

Prof.(a) Dr.(a) Tiago Caccuro
Universidade Federal de São Carlos

Dr.(a) Joelen Osmari da Silva
Universidade Federal de São Carlos

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Dr.(a) Walter Ruggeri Waldman
Orientador(a)

Sorocaba, 2026

Dedico este trabalho a Deus que me deu forças para superar este grande desafio em uma etapa da minha vida em que o corpo e a mente já não são mais tão afiados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus colegas de classe da UFSCar, especialmente ao meu colega Rafael Oliveira, que me apoiou e me orientou com dicas valiosas para o bom desenvolvimento e formatação do meu trabalho e durante todo o curso foi de extrema generosidade para comigo.

“A nossa sobrevivência está ligada à
nossa capacidade de cuidar daquilo que
nos sustenta.”

Rachel Carson

RESUMO

A detecção de microplásticos em matrizes lácteas apresenta desafios analíticos complexos devido à densidade de lipídios e proteínas. Diante dessas limitações técnicas, esta pesquisa deslocou o eixo de investigação da análise do produto final para o mapeamento das vulnerabilidades no processo produtivo. O objetivo deste trabalho foi identificar e avaliar os pontos críticos de contaminação por microplásticos na cadeia de fabricação de queijos, por meio de uma abordagem qualitativa e descritiva. A metodologia consistiu em um estudo de caso comparativo envolvendo unidades industriais no Brasil e em três polos estratégicos da União Europeia: Países Baixos, Espanha e Itália. Os resultados permitiram catalogar os riscos baseados em estresses mecânicos, térmicos e químicos dos polímeros em contato com o alimento. Identificou-se que a automação extrema (Países Baixos) e o tempo de prensagem (Espanha) são vetores relevantes, mas a maior criticidade reside no fracionamento e ralação industrial (Itália), onde o aumento da área de contato plástico-alimento potencializa a migração física. Conclui-se que o arcabouço regulatório brasileiro apresenta um "ponto cego" ao focar primordialmente na estabilidade química, negligenciando a degradação física dos equipamentos. Recomenda-se a adoção de protocolos de substituição preventiva de materiais poliméricos para mitigar a ingestão acidental de micropartículas pelo consumidor. (pp. 9, 16, 25, 27)

Palavras-chave: microplásticos; queijos; processo produtivo; segurança alimentar;

ABSTRACT

The detection of microplastics in dairy matrices presents complex analytical challenges due to the density of lipids and proteins. Given these technical limitations, this research shifted the investigative focus from end-product analysis to mapping vulnerabilities within the production process. The objective of this study was to identify and evaluate critical points of microplastic contamination in the cheese manufacturing chain using a qualitative and descriptive approach. The methodology consisted of a comparative case study involving industrial units in Brazil and three strategic hubs in the European Union: the Netherlands, Spain, and Italy. The results allowed for the categorization of risks based on mechanical, thermal, and chemical stresses of polymers in contact with food. It was identified that extreme automation (Netherlands) and pressing time (Spain) are relevant vectors, but the highest criticality lies in industrial slicing and grating (Italy), where the increased plastic-to-food contact area enhances physical migration. The study concludes that the Brazilian regulatory framework presents a "blind spot" by focusing primarily on chemical stability while neglecting the physical degradation of equipment. The adoption of preventive replacement protocols for polymeric materials is recommended to mitigate the accidental ingestion of microparticles by consumers. (pp. 22, 26, 28)

Keywords: microplastics; cheese; production process; food safety; dairy matrices.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Margem vista de frente.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 2 – Posição do número de página.....**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 3 – Formatação das notas de rodapé**Erro! Indicador não definido.**
- Figura 4 – Exemplo de uso da alínea e subalínea**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese da formatação dos trabalhos acadêmicos formato A4 **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 2 – Modelo de formatação das seções **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 3 – Síntese da formatação das seções do trabalho acadêmico. **Erro! Indicador não definido.**

Quadro 4 – Exemplo de quadro **Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Exemplo de tabela.....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2 – População nos Censos Demográficos das capitais brasileiras 1960/2010
.....**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 3 – Municípios com 15 ou mais escolas da Rede Estadual em Santa Catarina
de 2012 a 2015.....**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA
BPA – BISFENOL A
BPF – BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO
CE – COMUNIDADE EUROPEIA
CIP – *CLEANING-IN-PLACE* (LIMPEZA NO LOCAL)
EFSA – *EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY* (AUTORIDADE EUROPEIA PARA A SEGURANÇA DOS ALIMENTOS)
HACCP – *HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINTS* (ANÁLISE DE PERIGOS E PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE)
LMT – LIMITE DE MIGRAÇÃO TOTAL
MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
MCA – MATERIAIS EM CONTATO COM ALIMENTOS
PA – POLIAMIDA (NYLON)
PCC-MP – PONTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS
PE – POLIETILENO
PEAD – POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE
PET – POLIETILENO TEREFALATO
PP – POLIPROPILENO
PVC – POLICLORETO DE VINILA
RDC – RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA
REACH – *REGISTRATION, EVALUATION, AUTHORISATION AND RESTRICTION OF CHEMICALS*
UE – UNIÃO EUROPEIA
UFSCAR – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1. BREVE HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DOS PLÁSTICOS	16
2.2. MICROPLÁSTICOS: DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÃO.....	17
2.3. MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE POLÍMEROS	18
2.4. ASSIMETRIA REGULATÓRIA: DA ESTABILIDADE QUÍMICA À INTEGRIDADE FÍSICA.....	18
2.5. MATRIZ DE VULNERABILIDADES POLIMÉRICAS NA INDÚSTRIA LÁCTEA .	21
3. METODOLOGIA	22
3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA: ABORDAGEM COMPARATIVA POR ETAPAS	22
3.2. ESCOPO GEOGRÁFICO E AMOSTRAGEM DE PROCESSOS	22
3.3. MAPEAMENTO DE PONTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO (PCC-MP)	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASSIMETRIAS TECNOLÓGICAS E O DESAFIO DA MITIGAÇÃO (EUROPA VS. BRASIL)	23
4.1 ORDENHA, SISTEMAS DE COLETA E TRANSPORTE PRIMÁRIO.....	24
4.2 FILTRAÇÃO E PADRONIZAÇÃO	25
4.2.1 A filtração..	23
4.2.2 Padronização do leite.	24
4.3 COAGULAÇÃO E AGITAÇÃO	30
4.4 MOLDAGEM E PRENSAGEM: ENFORMAGEM E PRENSAGEM: O ESTRESSE MECÂNICO NOS MOLDES DE POLIPROPILENO	31
4.5 SISTEMAS DE SALGA E MATURAÇÃO: ESTRESSE QUÍMICO E ABRASÃO DE SUPERFÍCIES	33
4.6 FRACIONAMENTO E EMBALAGEM: O ESTRESSE TÉRMICO E DE CORTE .	34
4.7 MATRIZ DE RISCO CONSOLIDADA DE CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS (PCC-MP).....	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A investigação científica sobre microplásticos em alimentos enfrenta desafios analíticos crescentes. Inicialmente, esta pesquisa propôs a detecção direta de partículas na massa do queijo. Contudo, a alta complexidade físico-química da matriz láctea — um emaranhado de lipídios e proteínas — revelou que, para compreender a contaminação final, era necessário recuar um passo e observar a gênese do problema: o processo produtivo. Assim, a dificuldade de extração laboratorial foi convertida em uma oportunidade de análise sistêmica, deslocando o foco para o mapeamento das vulnerabilidades nas linhas de produção e promovendo uma análise comparativa internacional inédita.

A poluição por plásticos consolidou-se como um dos maiores desafios ambientais da era contemporânea, evoluindo de uma preocupação macroscópica para a investigação detalhada de partículas menores de 5 mm, denominadas microplásticos (MP). No contexto da segurança alimentar, a onipresença dessas partículas em ecossistemas aquáticos e terrestres levanta questões críticas sobre a integridade da cadeia de suprimentos, especialmente em matrizes biológicas complexas como o leite e seus derivados.

A indústria láctea, pilar da economia global e fonte essencial de nutrientes, opera sob rigorosos controles microbiológicos e químicos. No entanto, o monitoramento de contaminantes físicos, especificamente microplásticos secundários originados do desgaste de equipamentos, ainda representa uma lacuna técnica e regulatória significativa. A transição histórica de materiais tradicionais (como madeira e metais) para polímeros sintéticos (polipropileno, polietileno, PVC e nylon) em diversas etapas do processo produtivo aumentou exponencialmente a superfície de contato entre o alimento e materiais plásticos sujeitos a estresse mecânico, térmico e químico.

No Brasil, a regulação vigente, capitaneada pela ANVISA e pelo MAPA, prioriza a estabilidade química e a migração de monômeros e aditivos. Todavia, a fragmentação física dos polímeros por fadiga do material — processo que gera microplásticos — é raramente abordada nos protocolos de controle de qualidade nacionais. Em contrapartida, a União Europeia tem avançado com regulamentações mais restritivas (como o Regulamento UE 2023/2055), focando na redução intencional e acidental de micropartículas plásticas.

Diante deste cenário, a presente dissertação propõe uma análise comparativa dos pontos críticos de contaminação por microplásticos na produção de queijos, confrontando a realidade produtiva brasileira com práticas observadas em importantes polos europeus (Holanda, Espanha, Portugal e Itália). O foco reside na identificação de vulnerabilidades físicas e na discussão das assimetrias regulatórias que influenciam a presença desses contaminantes no produto final.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. BREVE HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DOS PLÁSTICOS

Embora o uso intensivo de polímeros seja um fenômeno recente, a história dos plásticos remonta ao século XIX, impulsionada pela busca de substitutos para materiais naturais escassos, como o marfim e o casco de tartaruga.

- O Surgimento (Século XIX): O marco inicial ocorreu em 1862, quando Alexander Parkes apresentou a *Parkesina* (derivada da celulose). Pouco depois, em 1869, John Wesley Hyatt desenvolveu o *Celuloide*, buscando um substituto para as bolas de bilhar de marfim.
- A Era do Plástico Totalmente Sintético (1907): A grande revolução veio com Leo Baekeland, que criou a Baquelite. Este foi o primeiro plástico 100% sintético (termofixo), conhecido como o "material de mil usos", inaugurando a era dos polímeros modernos que não dependiam de fontes orgânicas como a celulose.
- Expansão Pós-Guerra (1940-1960): Após a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento de novos polímeros como o Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e o PVC explodiu. O conhecimento dos mecanismos de polimerização permitiu criar materiais leves, baratos e resistentes, que rapidamente substituíram o aço, o vidro e a madeira em quase todos os setores.
- Usos Comuns na Sociedade: Atualmente, os plásticos são fundamentais em áreas como:
 - Saúde: Dispositivos médicos descartáveis e próteses.
 - Transportes: Redução do peso de veículos para economia de combustível.

- Indústria de Alimentos: Garantia de higiene, conservação e barreira contra contaminação microbiológica, permitindo a distribuição global de produtos perecíveis.

Este sucesso tecnológico, no entanto, trouxe o desafio da persistência ambiental. Como a maioria dos plásticos comuns não é biodegradável, o acúmulo desses materiais resultou no fenômeno da fragmentação em micropartículas. Na indústria de laticínios, essa onipresença polimérica transformou o que era uma ferramenta de higiene em um vetor de contaminação física, tema central desta investigação.

2.2. MICROPLÁSTICOS: DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÃO

O termo "microplásticos" refere-se a partículas sólidas de polímeros sintéticos que possuem dimensões inferiores a 5 milímetros. Na literatura científica recente, essa categoria é subdividida em duas classes principais, dependendo da forma como são introduzidos no meio ambiente ou na cadeia alimentar:

- **Microplásticos Primários:** São partículas fabricadas deliberadamente para aplicações específicas, como esferas esfoliantes em cosméticos (microbeads) ou pellets industriais utilizados como matéria-prima na fabricação de objetos maiores.
- **Microplásticos Secundários:** Resultam da fragmentação e degradação física de itens plásticos maiores (macroplásticos) por meio de processos de intemperismo, oxidação, estresse térmico ou abrasão mecânica.

Esta pesquisa foca exclusivamente nos microplásticos secundários, originados pelo desgaste operacional de componentes da linha de produção de queijos, como mangueiras de PVC, formas de Polipropileno e telas de Nylon. A transição do macroplástico para o microplástico ocorre quando o material perde sua integridade estrutural, liberando particulados que, devido ao seu tamanho reduzido e à sua persistência química, tornam-se virtualmente indetectáveis por métodos convencionais de inspeção visual na indústria de alimentos.

A relevância do estudo dessas micropartículas reside no fato de que, ao contrário dos contaminantes químicos tradicionais (monômeros), os microplásticos representam uma contaminação física persistente, capaz de interagir com a matriz lipídica do queijo e ser ingerida pelo consumidor final.

2.3. MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE POLÍMEROS

A integridade dos materiais plásticos em contato com alimentos (MCA) não é estática; ela é constantemente desafiada pelas condições operacionais da indústria láctea. A transição de um componente plástico íntegro para uma fonte de microplásticos secundários ocorre por meio de três principais mecanismos de degradação:

- **Degradação Mecânica (Abrasão e Fadiga):** Ocorre pelo atrito constante entre o alimento e a superfície polimérica, ou pelo estresse de compressão (como na prensagem de queijos na Espanha). O corte da coalhada com liras de nylon e o fracionamento industrial com lâminas de alta velocidade (visto na Itália) são exemplos críticos onde o esforço mecânico rompe as cadeias poliméricas superficiais, liberando micropartículas por desgaste.
- **Degradação Térmica:** Ciclos repetitivos de aquecimento e resfriamento, comuns na pasteurização e nos processos de higienização *Cleaning-in-Place* (CIP), causam a expansão e contração dos polímeros. Esse "choque térmico" fragiliza a estrutura amorfa de plásticos como o PVC e o Polietileno, tornando-os quebradiços e propensos à micro fragmentação. O PVC é um polímero que depende de plastificantes para ser flexível, e a perda desses aditivos é o que o torna quebradiço
- **Degradação Química e Solvatação:** O contato prolongado com agentes sanitizantes ácidos e alcalinos pode oxidar a superfície dos plásticos. Além disso, em matrizes gordurosas como o queijo, ocorre o fenômeno de **swelling** (inchamento), onde os lipídios penetram na rede polimérica, reduzindo sua coesão interna e facilitando o desprendimento de partículas plásticas para o alimento.

2.4. ASSIMETRIA REGULATÓRIA: DA ESTABILIDADE QUÍMICA À INTEGRIDADE FÍSICA

A segurança de materiais em contato com alimentos (MCA) é historicamente pautada pela toxicologia química. No Brasil, o arcabouço normativo estabelecido pela ANVISA (ex: RDC nº 105/1999 e RDC nº

52/2010) foca na migração de substâncias, ou seja, o quanto de aditivos e monômeros se desprende do plástico e se dissolve no alimento.

Entretanto, o fenômeno da fragmentação física — a geração de microplásticos por abrasão e fadiga — constitui um "ponto cego" na legislação nacional. Enquanto o foco brasileiro permanece na estabilidade das moléculas, a União Europeia (UE) iniciou uma transição para o monitoramento da integridade física dos polímeros. O Regulamento (UE) 2023/2055 exemplifica essa mudança, ao restringir microplásticos e exigir que materiais de uso repetido mantenham sua estrutura sob condições de estresse.

O Quadro 1 sintetiza as principais disparidades que influenciam o controle de microplásticos na cadeia láctea:

Quadro 1: Comparativo de Foco Regulatório (Brasil vs. União Europeia)

Critério de Comparação	Legislação Brasileira (ANVISA/MAPA)	Legislação União Europeia (EFSA/CE)	Impacto no Risco de MP
Foco Principal	Estabilidade Química (Migração de aditivos e metais).	Integridade Física e Química (Restrição de micropartículas).	No BR, o desgaste físico é um risco subnotificado.
Norma de Referência	RDCs 105/1999 e 52/2010.	Regulamentos (UE) 10/2011 e 2023/2055.	A UE restringe micropartículas ativamente.
Avaliação de Ciclo	Foco na atoxicidade do material novo.	Foco na fadiga do material sob uso repetido e estresse.	O plástico "velho" (com ranhuras) é um risco aceito no BR.
Substituição de Materiais	Substituição em massa da madeira por polímeros sintéticos.	Permissão e incentivo ao uso de madeira em queijos de D.O.	A madeira (biopolímero) reduz a área de contato com plásticos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Essa disparidade normativa reflete diretamente nas práticas industriais observadas em campo. No Brasil, a ausência de diretrizes sobre a rugosidade e o desgaste de fôrmas plásticas permite que materiais em final de vida útil permaneçam na linha de produção, potencializando a liberação de partículas por estresse mecânico.

A governança sobre a segurança química e física de materiais em contato com matrizes lácteas apresenta assimetrias regulatórias significativas entre o bloco europeu e o cenário brasileiro. No âmbito da União Europeia, a espinha dorsal normativa é o Regulamento (UE) nº 10/2011, que estabelece critérios rigorosos para materiais plásticos destinados a entrar em contato com alimentos, fixando o Limite de Migração Total (LMT) em 10 mg/dm² de superfície. Entretanto, o avanço científico recente culminou no Regulamento (UE) 2023/2055, que representa um marco histórico ao restringir especificamente as micropartículas de polímeros sintéticos (microplásticos adicionados ou resultantes de processos industriais). Esta normativa europeia transcende a análise da migração química molecular, passando a monitorar a integridade física do polímero e sua propensão à fragmentação durante o ciclo de vida industrial.

Em contrapartida, a regulação brasileira, capitaneada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), fundamenta-se primordialmente na RDC nº 105/1999 e na RDC nº 589/2021, que dispõem sobre as listas positivas de polímeros e aditivos permitidos para contato com alimentos. O foco do controle sanitário nacional reside na toxicidade sistêmica e na migração de monômeros e substâncias residuais, como bisfenóis e ftalatos, conforme detalhado na RDC nº 56/2012. Embora o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), através de Instruções Normativas como a IN nº 30/2013, exija que os equipamentos de laticínios não transmitam "substâncias estranhas" ao leite e derivados, nota-se uma lacuna terminológica e normativa específica quanto aos microplásticos. Enquanto a legislação da Holanda já internaliza o controle de particulados sólidos resultantes do desgaste de polímeros, o arcabouço brasileiro ainda se concentra na estabilidade química, deixando a migração física de microplásticos em uma zona de "vácuo regulatório" que demanda monitoramento via Boas Práticas de Fabricação (BPF).

Podemos dizer que o Brasil foca no "veneno invisível" (substâncias químicas), enquanto a Europa já pune a "sujeira invisível" (partículas de plástico).

2.5. MATRIZ DE VULNERABILIDADES POLIMÉRICAS NA INDÚSTRIA LÁCTEA

Com base nos mecanismos de degradação discutidos e nas lacunas regulatórias identificadas, é possível sistematizar os principais pontos de atenção na cadeia produtiva de queijos. A Tabela 1 (ou Quadro 2) consolida os materiais mais comuns, suas aplicações e o risco intrínseco de geração de microplásticos secundários por etapa de processo:

Tabela 1: Matriz de Risco de Contaminação por Microplásticos em Processos Lácteos

Etapa do Processo	Equipamento/Material	Tipo de Plástico	Mecanismo de Risco
Transferência	Mangueiras e Vedações	PVC / Borracha	Desgaste por fluxo e sanitizantes
Coagulação / Corte	Liras e Agitadores	Nylon / PEAD	Abrasão mecânica na massa
Dessoragem	Telas e Filtros	Polipropileno (PP)	Fadiga de fibras por pressão
Prensagem	Formas Industriais	Polipropileno (PP)	Compressão e calor (migração física)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Uma vez estabelecidos os riscos teóricos e normativos, a próxima etapa desta pesquisa consistiu na verificação in loco dessas vulnerabilidades, comparando a realidade operacional de unidades produtoras no Brasil e na União Europeia

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa e descritiva, configurando-se como um estudo de caso múltiplo e comparativo focado na análise de processos de fabricação de queijos e na integridade dos materiais em contato com o alimento

3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA: ABORDAGEM COMPARATIVA POR ETAPAS

A investigação foi estruturada como um estudo descritivo-comparativo, focando em etapas críticas da cadeia produtiva de queijos onde há contato direto entre o alimento e materiais poliméricos (plásticos). A análise não seguiu um fluxo linear completo em todas as unidades, mas concentrou-se na comparação técnica entre a realidade brasileira e práticas observadas em polos europeus (Holanda, Espanha, Portugal e Itália), conforme a disponibilidade de acesso às plantas e registros obtidos.

As etapas selecionadas para a comparação e os países envolvidos foram:

- Coleta e Recebimento: Análise do sistema de mangueiras, vedações e conexões poliméricas (Brasil vs. Holanda).
- Processamento e Coagulação: Avaliação do uso de tanques de inox e utensílios de suporte (Brasil como unidade de referência).
- Enformagem e Prensagem: Comparação do estado de conservação e desgaste de formas de polipropileno e telas de drenagem (Brasil, Espanha, Portugal e Itália).
- Salmoura e Maturação: Avaliação de prateleiras, sistemas de imersão e pallets (Brasil, Holanda, Espanha e Portugal).
- Fracionamento e Embalagem: Análise de superfícies de corte e filmes plásticos de barreira (Todas as unidades observadas).

3.2. ESCOPO GEOGRÁFICO E AMOSTRAGEM DE PROCESSOS

A investigação de campo compreendeu visitas técnicas e registros fotográficos em unidades de processamento lácteo situadas em quatro polos estratégicos da União Europeia, além de unidades de controle no Brasil. Para fins de conformidade ética e

preservação de dados industriais, as unidades internacionais foram anonimizadas e categorizadas conforme suas especialidades:

- **Unidade A (Holanda):** Foco em queijos de massa semidura (Gouda/Maasdam) com alto nível de automação e quilômetros de tubulações poliméricas.
- **Unidade B (Espanha):** Foco em queijos de mistura (ovelha/cabra/vaca) submetidos a processos de prensagem mecânica e longa maturação.
- **Unidade C (Itália):** Cenário crítico de fracionamento e ralação industrial, onde o atrito entre lâminas de alta velocidade e embalagens plásticas é predominante.
 - **Unidade D (Portugal):** Unidade industrial focada em queijos de massa prensada, permitindo a observação de moldes poliméricos e sistemas de salmoura em escala de exportação.

3.3. MAPEAMENTO DE PONTOS CRÍTICOS DE CONTAMINAÇÃO (PCC-MP)

Adaptando os princípios do sistema HACCP, estabeleceram-se critérios para identificar os pontos de maior risco para a liberação de microplásticos, baseados em três variáveis de estresse:

1. **Mecânico:** Zonas de alto atrito, corte ou pressão (ex: liras e prensas).
2. **Térmico:** Etapas de pasteurização ou higienização CIP (*Cleaning-in-Place*).
3. **Químico:** Exposição a agentes sanitizantes ácidos e alcalinos que podem fragilizar polímeros como o PVC e o Polipropileno.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASSIMETRIAS TECNOLÓGICAS E O DESAFIO DA MITIGAÇÃO (EUROPA VS. BRASIL)

Neste capítulo, apresentam-se e discutem-se as evidências coletadas durante as inspeções técnicas nas unidades produtoras no Brasil e na União Europeia (Holanda, Espanha, Itália e Portugal), bem como a discussão sobre alternativas ou caminhos possíveis para a eliminação ou minimização do uso de polímeros no ciclo de produção de laticínios. A análise é estruturada por etapas do processo produtivo, confrontando

o estado de conservação dos materiais poliméricos com os mecanismos de degradação e os marcos regulatórios discutidos anteriormente.

4.1 ORDENHA, SISTEMAS DE COLETA E TRANSPORTE PRIMÁRIO

A primeira vulnerabilidade identificada ocorre na interface entre o campo e a indústria. Na Unidade de controle no Brasil, observou-se o uso predominante de mangueiras de PVC flexível para a sucção e transferência do leite cru. O sistema de ordenha e transporte primário do leite usa mangueiras de PVC flexível e de vedações de borracha sintética onde o atrito constante e a limpeza com produtos químicos degradam os polímeros, liberando micropartículas no leite cru. Ao analisarmos as etapas iniciais de recepção e transferência do leite, observa-se que tanto a unidade de controle no Brasil quanto a Unidade na Holanda adotam processos tecnicamente similares, baseados em sistemas de bombeamento e tubulações flexíveis para a interface entre o transporte e o armazenamento inicial. O mesmo acontece nos demais países visitados, porém o registro não foi permitido. Isso ocorre porque o Brasil adota normas internacionais e as principais tecnologias disponíveis no mercado brasileiro são de origem europeia. Tanto no Brasil quanto na Europa, os equipamentos seguem a norma internacional ISO 6690, que define requisitos de dimensionamento, instalação e funcionamento para garantir a saúde do animal e a qualidade do leite.: No Brasil, ABNT NBR 14763 adaptou essas regras internacionais para a realidade nacional, garantindo que o vácuo e a pulsação operem com a mesma precisão exigida no exterior.



Figura 1. Sistema brasileiro **Figura 2. Sistema europeu (Holanda)**

Resumo da comparação

Aspecto	Brasil (Tecnificado)	Europa
Norma de Vácuo	ISO 6690 / ABNT	ISO 6690
Tecnologia Principal	DeLaval, GEA, Lely, Westfalia	Mesmas fabricantes
Nível de Automação	Alta em grandes fazendas	Alta em quase todos os níveis
Monitoramento	Via chip e software	Via chip e software

4.2 FILTRAÇÃO E PADRONIZAÇÃO

A filtração tem como objetivo remover matérias estranhas presentes no leite, como pelo e substâncias insolúveis. A filtração não remove bactérias do leite, porém os filtros higiênicos podem reduzir a carga bacteriana do produto, dependendo, obviamente, do tipo de sujidade. Durante o processo de filtração e padronização os elementos filtrantes são geralmente de polipropileno (PP) ou nylon. Neste contexto o

risco está na pressão do fluxo de leite através das malhas plásticas que pode causar o desprendimento de fibras microplásticas por fadiga de material.

Consiste em ajustar a relação entre os componentes do leite, principalmente a gordura, para atingir o padrão desejado do queijo. Ajuste de Gordura: O leite é passado por uma desnatadeira que separa o creme. Parte desse creme é devolvido ao leite desnatado até atingir o percentual exato (ex: 3,2% de gordura para uma Mussarela padrão). Ajuste de Proteína (Caseína): Essencial para o rendimento. Pode ser feito via ultrafiltração ou adição de leite em pó desnatado para equilibrar a relação caseína/gordura

Comparativo: Brasil x Europa

Característica	Brasil	Europa
Foco da Padronização	Voltada para rendimento e custo . Busca-se o máximo de queijo por litro de leite em produtos de massa (Mussarela, Prato).	Voltada para a manutenção da tradição . Em queijos com Denominação de Origem Protegida (DOP), a padronização é mínima para preservar as notas regionais.
Uso de Leite Cru	Restrito a queijos artesanais com maturação superior a 60 dias (ou regiões certificadas com Selo Arte). A filtração é a principal barreira física.	Uso de leite cru é amplamente permitido e valorizado, mesmo para queijos frescos ou de curta maturação, sob rígido controle de higiene europeu.
Tecnologia de Filtração	Indústrias utilizam clarificadoras modernas, mas pequenos produtores ainda dependem de filtros de tecido.	Uso intensivo de microfiltração por membranas , que permite remover bactérias do leite cru sem aquecê-lo, preservando enzimas naturais.
Regulamentação	Fiscalizada pelo MAPA (Instruções Normativas 76/77) com foco em padrões de identidade globais.	Regulamentação complexa por tipicidade , onde cada queijo famoso tem sua própria regra de padronização definida por conselhos de produtores.

As diferenças entre as duas regiões residem principalmente na escala de industrialização e na legislação para queijos artesanais.

Aspecto	Brasil	Europa
Padrão de Filtros	Uso comum de telas de nylon e tecidos de poliéster em produções artesanais, que podem soltar fibras com o desgaste.	Uso intensivo de membranas poliméricas de alta tecnologia e cartuchos de PP de alta densidade com certificação de migração zero.
Mangueiras	Uso frequente de PVC em laticínios menores. O risco é a migração de plastificantes (como o DEHP) para a gordura do leite.	Substituição acelerada por silicone de grau alimentício ou polímeros isentos de ftalatos (normas EFSA).
Frequência de Troca	Muitas vezes baseada no desgaste visual , o que aumenta o risco de microplásticos por degradação do material.	Troca baseada em ciclos de limpeza (CIP) e tempo de vida útil técnico para evitar a fadiga do plástico.

Discussão. Melhorias nesta etapa do processo. Em se tratando de coleta do leite, a ordenha mais especificamente, o uso tradicional do balde de metal e ordenha manual, ainda que esbarrem nas questões sanitárias, são a provável e melhor alternativa para a eliminação quase que completa da potencial migração de microplásticos nesta etapa. Um olhar para o passado e uma valorização do micro produtor. Em nível industrial podemos sugerir para a filtração o uso de cartucho em inox ao invés de mantas e tecidos descartáveis de PP onde o elemento filtrante interno é de tela de aço sinterizado ou malha de inox ultrafina. Na padronização a substituição de mangueiras por tubos de aço inox polido e acoplamentos de inox sobrando apenas anéis de vedação onde a área de contato com o plástico ficaria reduzida a milímetros.

Comparativo de Vantagens: Inox vs. Plástico

Característica	Plástico (Polímeros)	Aço Inox (AISI 316L)
Microplásticos	Risco alto por abrasão e calor.	Risco zero.
Durabilidade	Baixa (sofre fadiga química e térmica).	Altíssima (décadas de uso).
Higienização	Pode ser poroso; retém biofilmes.	Superfície inerte e lisa; fácil assepsia.
Custo Inicial	Baixo.	Elevado (investimento de longo prazo).

Atualmente, o maior desafio é a Ultrafiltração. Enquanto carcaças e tubos são de inox, as *membranas* internas de alta performance para padronizar proteína ainda são majoritariamente poliméricas (PES). Já existem membranas cerâmicas, que eliminam o plástico, mas seu custo é significativamente superior.

Para uma pequena queijaria que processa entre 500 e 1.000 litros de leite por dia, a transição do nylon para o aço inox não é apenas uma questão de segurança alimentar (microplásticos), mas de eficiência operacional.

4.3 COAGULAÇÃO E AGITAÇÃO

Os tanques de coagulação e agitadores na indústria costumam ser de metal e ainda que sejam de metal a pá de agitação pode ser de polipropileno ou material plástico equivalente e uma vez iniciado o processo de corte da coalhada, a agitação constante pode gerar desgaste por abrasão nas superfícies plásticas.

No Brasil, em queijos como o Minas que presenciamos na fazenda no Brasil, a agitação é leve e breve para manter a umidade alta. Na Europa, para queijos de longa maturação (como o Parmigiano-Reggiano na Itália ou Goudas maturados na Holanda) a agitação é intensa e muitas vezes combinada com o cozimento da massa para expulsar o máximo de soro possível, garantindo uma textura granular e seca.



Tanque no Brasil Tanque na Itália

Discussão. Melhorias nesta etapa do processo. Substituir pás de agitação, liras de corte e tanques de coagulação que contenham componentes plásticos por aço Inoxidável, que é inerte e resistente à abrasão. Substituir panos de dessoragem sintéticos (poliamida/nylon) por fibras naturais ou telas de aço

inox, evitando o desprendimento de microfibras durante a prensagem e agitação manual. Implementar padrões de "sala limpa" para as áreas de coagulação, reduzindo a deposição de microplásticos suspensos no ar (provenientes de roupas e poeira industrial) que podem cair nos tanques abertos e substituição dos próprios aventais como vistos na imagem do Brasil por tecido natural.

4.4 MOLDAGEM E PRENSAGEM: ENFORMAGEM E PRENSAGEM: O ESTRESSE MECÂNICO NOS MOLDES DE POLIPROPILENO

A etapa de enformagem e prensagem representa o ponto de maior contato físico e pressão mecânica entre a matriz láctea e o polímero. Em todas as unidades analisadas (**Brasil, Espanha, Itália e Portugal**), observou-se o uso predominante de fôrmas e moldes de **Polipropileno (PP)**. Embora a tecnologia de prensagem seja análoga, o nível de degradação das superfícies poliméricas varia conforme o tipo de queijo e a gestão do ciclo de vida do material.

- **Evidência Técnica - Brasil:** As imagens da unidade brasileira revelam moldes com **ranhuras superficiais acentuadas** e perda de brilho (opacidade). Conforme discutido no item 2.2, o uso contínuo de agentes sanitizantes agressivos, somado ao atrito mecânico da lavagem manual ou semiautomatizadas, cria microfissuras que atuam como reservatórios de partículas instáveis.
- **Contraste Internacional – Espanha, Portugal, Itália e Holanda:** Nas unidades da Espanha e Itália, devido à produção de queijos de massa dura e longa maturação, os moldes são submetidos a pressões de prensagem significativamente superior. Há um desgaste por fadiga de compressão. Entretanto, observa-se uma maior uniformidade na superfície das fôrmas, sugerindo um controle mais rigoroso de substituição preventiva, alinhado à diretriz de integridade física da EFSA (item 2.3).



Forma na Espanha



Forma no Brasil



Forma em Portugal

Discussão. Melhorias nesta etapa do processo. Nos processos de queijo D.O.P. ainda são permitidos o uso de moldes de madeira. Este era o processo feito antigamente no Brasil e foi constatado durante a visita à fazenda um molde de madeira que fica como exposição dos métodos que eram utilizados antigamente. Neste sentido podemos propor às entidades competentes a reintrodução de moldes de madeira de reflorestamento tratada termicamente (sem produtos químicos), pois a madeira é um biopolímero e se soltar uma fibra ela é celulose que é biodegradável

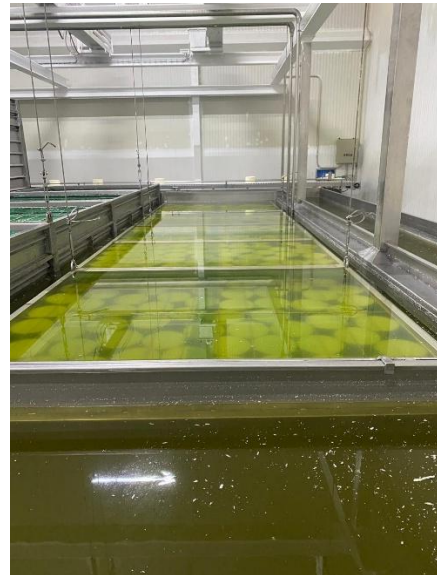
e inerte e não um polímero sintético persistente. Mais uma vez aqui a pequena produção e a artesanidade do processo seriam os grandes beneficiados. No que diz respeito à indústria a melhor alternativa parece ser Implementar um protocolo de inspeção que use um rugosímetro ou luz ultravioleta para identificar microfissuras e estabelecer que, após X ciclos de prensagem ou quando a rugosidade atingir o nível Y, a forma deve ser descartada e reciclada, antes de começar a soltar microplásticos.

4.5 SISTEMAS DE SALGA E MATURAÇÃO: ESTRESSE QUÍMICO E ABRASÃO DE SUPERFÍCIES

Ainda que pareça livre de riscos de contaminação o processo da salmoura pode também contribuir para a contaminação, tanto pelo contato com prateleiras com base plástica em contato direto com o queijo quanto o próprio sal conforme já constatado em **Yang et al. (2015)** - *Microplastic Pollution in Table Salts from China*. E também em **Iñiguez et al. (2017)** - *Microplastics in Spanish Table Salt*, que já validaram que o sal é um vetor de entrada e já chega à indústria carregando partículas de microplásticos que podem migrar para o queijo.



Salmoura em Portugal



Salmoura na Espanha

Discussão. Melhorias nesta etapa do processo. O sal marinho convencional é hoje uma das maiores fontes de microplásticos primários e secundários (fragmentos e fibras) que entram "de fora" para dentro da fábrica. Além da fragmentação das superfícies poliméricas dos tanques, a própria matéria-prima utilizada na salga representa um vetor externo de contaminação. O sal marinho convencional frequentemente carrega micropartículas provenientes da poluição oceânica. Como medida de mitigação sistêmica, recomenda-se a substituição do sal marinho por **sal de mina (sal-gema)** — naturalmente preservado de polímeros sintéticos — ou a implementação de sistemas de **microfiltração por membranas cerâmicas** na preparação da salmoura, garantindo que o eletrólito esteja fisicamente isento de partículas antes do contato com a matriz láctea.

4.6 FRACIONAMENTO E EMBALAGEM: O ESTRESSE TÉRMICO E DE CORTE

A etapa final de fracionamento e embalagem representa o último Ponto Crítico de Contaminação (PCC-MP) antes do consumo. Nesta fase, o queijo é submetido a processos de corte industrial e ao contato com filmes plásticos multicamadas, onde a integridade física do material é testada por calor e atrito mecânico.



Queijos fracionados na UE



Queijos fracionados no Brasil

. **Discussão. Melhorias nesta etapa do processo.** Ainda que pudéssemos sugerir o uso de embalagens biodegradáveis, sabemos hoje que o biodegradável acaba por tornar-se um problema ainda maior no que diz respeito a sua coleta, indo diretamente cobrir o fundo dos rios e oceanos, temos exemplos de algumas raras marcas que ainda usam embalagens de madeira tratada. Em termos de produção artesanal o melhor seria evitar o fracionamento por máquina e fazê-lo apenas de forma manual por corte com utensílio de corte adequado a cada queijo com a devida higienização.

4.7 MATRIZ DE RISCO CONSOLIDADA DE CONTAMINAÇÃO POR MICROPLÁSTICOS (PCC-MP)

Etapa	Fonte de Polímero	Variável de Estresse	Severidade (S)	Probabilidade (P)	Nível de Risco
4.1. Coleta/Transferência	Mangueiras PVC	Química (Gordura) + Mecânica	Alta	Média	Crítico
4.2. Filtração	Telas de Nylon / PP	Mecânica (Pressão)	Média	Alta	Alto
4.3. Enformagem	Moldes de PP	Mecânica (Atrito/Ranhura)	Alta	Alta	Extremo
4.5. Salmoura	Suportes PP / Sal Marinho	Química (Sal) + Externa	Média	Alta	Alto
4.6. Embalagem	Filmes Multicamada / PE	Térmica (Encolhimento)	Média	Média	Moderado

A matriz consolidada revela que o **Risco Extremo** de contaminação por microplásticos secundários reside na etapa de **Enformagem e Prensagem**. Isso ocorre devido à combinação de ranhuras físicas pré-existentes nos moldes de Polipropileno e ao intenso atrito mecânico no momento da prensagem e desenformagem, o que potencializa a migração física de partículas para a casca do queijo.

Por outro lado, as etapas de coleta e filtração apresentam um risco crítico/alto devido à fadiga invisível dos materiais (PVC e Nylon), que muitas vezes ultrapassam sua vida útil técnica por serem avaliados apenas sob a ótica da integridade microbiológica, negligenciando-se a fragmentação polimérica secundária discutida ao longo desta dissertação

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente investigação permitiu concluir que a contaminação por microplásticos na cadeia produtiva de queijos não é apenas um subproduto da poluição ambiental, mas uma consequência direta do estresse físico e da fadiga dos materiais poliméricos utilizados nas linhas de processamento. A transição histórica de materiais inertes ou tradicionais para polímeros sintéticos trouxe eficiência produtiva, mas introduziu novos Pontos Críticos de Contaminação (PCC-MP) que operam de forma silenciosa e subestimada.

A análise comparativa entre as unidades no Brasil e em polos europeus (Holanda, Espanha, Itália e Portugal) revelou que, embora os processos tecnológicos sejam frequentemente similares, a gestão da integridade física dos materiais apresenta disparidades profundas. Na União Europeia, impulsionada pelo Regulamento (UE) 2023/2055, observa-se uma transição para o monitoramento da fragmentação polimérica. No Brasil, o foco regulatório da ANVISA e do MAPA, estritamente voltado à estabilidade química e à microbiologia, deixa um "vácuo normativo" onde materiais com alto grau de abrasão e rugosidade permanecem em uso, potencializando a migração de micropartículas secundárias para o alimento.

Os resultados demonstraram que as etapas de Enformagem e Prensagem são as mais críticas, onde o atrito mecânico atua como o principal motor de desprendimento de microplásticos de Polipropileno. Adicionalmente, identificou-se que insumos externos, como o sal marinho na etapa de salmoura, são vetores de microplásticos que demandam estratégias de microfiltração ou substituição por fontes de pureza mineral (sal-gema).

Como contribuição prática, esta dissertação propõe que a indústria láctea brasileira evolua seus protocolos de Boas Práticas de Fabricação (BPF) para incluir:

1. O estabelecimento de ciclos de vida útil baseados na rugosidade superficial de moldes e mangueiras;

2. A reavaliação do uso de biopolímeros ou metais polidos em etapas de alto atrito;
3. A adoção de tecnologias de filtragem de insumos (água e sal) para mitigar a entrada de contaminantes externos.

Aos pequenos produtores e produtores artesanais, que, dentro das normas e diretrizes atuais, mantenham e “regridam” seus processos automatizados aos processos manuais e métodos seculares, enquanto abrimos uma ponte para discussão com os órgãos pertinentes para reavaliarmos o uso de materiais e quiçá sermos pioneiros e criarmos a primeira certificação nacional de produção de queijos livres de microplásticos ainda mais agora que se fazem presentes as negociações e o estreitamento dos laços comerciais entre Brasil e Europa.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC nº 105, de 19 de maio de 1999. Aprova o Regulamento Técnico: Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em Contato com Alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 1999. (p. 30)

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC nº 51, de 26 de novembro de 2010. Dispõe sobre migração em materiais, embalagens e equipamentos plásticos destinados a entrar em contato com alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2010. (p. 30)

BAHRANI, S. et al. From farm to fork: Microplastic contamination in the meat and dairy supply chain and its health implications. **Journal of Food Engineering**, v. 362, n. 111745, 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 7 de agosto de 2013. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Brasília, DF: MAPA, 2013. (p. 30)

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) nº 10/2011 da Comissão de 14 de janeiro de 2011, relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, 2011. (p. 30)

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento (UE) 2023/2055 da Comissão de 25 de setembro de 2023, que altera o anexo XVII do Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH) no que diz respeito às micropartículas de polímeros sintéticos. **Jornal Oficial da União Europeia**, Bruxelas, 2023. (p. 30)

IÑIGUEZ, M. E.; CONESA, J. A.; FULLANA, A. Microplastics in Spanish Table Salt. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 8620, 2017. (p. 30)

KARAMI, A. et al. Assessing microplastic contamination in milk and dairy products: A systematic review of extraction and detection methods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 144, 2025.

VAKKAS, S. et al. Microplastic Migration from Food Packaging on Cheese: A Study Using Micro-Raman Spectroscopy. **Food Additives & Contaminants: Part A**, v. 42, n. 3, p. 312-325, 2025.

VISENTIN, G. et al. Physical degradation of polymeric equipment in dairy industries: A hidden source of microplastics. **International Dairy Journal**, v. 150, n. 105822, 2024.

YANG, D. et al. Microplastic Pollution in Table Salts from China. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 22, p. 13622-13627, 2015. (p. 30)

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução RDC nº 105, de 19 de maio de 1999**. Aprova o Regulamento Técnico: Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em Contato com Alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 1999. (pp. 23, 27)

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução RDC nº 51, de 26 de novembro de 2010**. Dispõe sobre migração em materiais, embalagens e equipamentos plásticos destinados a entrar em contato com alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2010. (p. 24)

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução RDC nº 56, de 16 de novembro de 2012**. Dispõe sobre a lista positiva de monômeros, outras substâncias iniciadoras e polímeros autorizados para a elaboração de embalagens e equipamentos plásticos em contato com alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2012. (p. 23)

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Resolução RDC nº 589, de 20 de dezembro de 2021**. Dispõe sobre a atualização da lista positiva de aditivos para materiais plásticos destinados à elaboração de embalagens e equipamentos em contato com alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2021. (p. 23)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 30, de 7 de agosto de 2013**. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos. Brasília, DF: MAPA, 2013. (pp. 23, 28)

COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) nº 10/2011 da Comissão de 14 de janeiro de 2011**, relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos. Jornal Oficial da União Europeia, Bruxelas, 2011. (pp. 17, 22-23, 25-27)

COMISSÃO EUROPEIA. **Regulamento (UE) 2023/2055 da Comissão de 25 de setembro de 2023**, que altera o anexo XVII do Regulamento (CE) n.º 1907/2006 (REACH) no que diz respeito às micropartículas de polímeros sintéticos. Jornal Oficial da União Europeia, Bruxelas, 2023. (pp. 17-18, 22-23, 28)

IÑIGUEZ, M. E.; CONESA, J. A.; FULLANA, A. **Microplastics in Spanish Table Salt**. Scientific Reports, v. 7, n. 1, p. 8620, 2017. (p. 20)

YANG, D. et al. **Microplastic Pollution in Table Salts from China**. Environmental Science & Technology, v. 49, n. 22, p. 13622-13627, 2015. (p. 20)