

Avaliação dos riscos ocupacionais na indústria leiteira equatoriana.

Valoración de los riesgos ocupacionales en la industria láctea ecuatoriana.

Mayerli Angeline Mejía Monar¹ ; Carlos Alberto Velásquez Avilés² & Ivan Patricio Viteri García³

Recebido: 26/06/2025 – Aceite: 19/08/2025 – Publicado: 01/01/2026

Artigos de
Investigação ☐

Artigos de
Revisão ☒

Artigos de
Ensaio ☐

* Autor
correspondente.



Esta obra está licenciada sob uma licença internacional Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Partilha Igual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0). Os autores mantêm os direitos sobre os seus artigos e podem partilhar, copiar, distribuir, executar e comunicar publicamente a obra, desde que a autoria seja reconhecida, não utilizada para fins comerciais e que a mesma licença seja mantida em obras derivadas.

Resumo.

Esta revisão analisa sessenta publicações (2013-2025) para avaliar como os riscos profissionais são prevenidos nas fábricas de laticínios, com ênfase nas experiências latino-americanas e, em particular, equatorianas. A análise está estruturada em torno de cinco linhas de ação: (i) Boas Práticas de Fabrico combinadas com a metodologia 5S; (ii) ergonomia participativa destinada a redesenhar tarefas; (iii) bloqueio digital ligado à manutenção preditiva; (iv) controles químicos baseados em armários ventilados e sensores de amoníaco, e (v) sistemas integrados de gestão ISO 45001–ISO 22000. Em média, estas medidas reduzem a taxa de acidentes entre 22% e 36%, o que apoia a ideia de que a sobreposição de barreiras técnicas e organizacionais aumenta a proteção. No entanto, a maioria dos estudos oferece acompanhamentos breves e utiliza métricas diversas, pelo que o trabalho longitudinal e os quadros de medição unificados são aconselhados para confirmar a sustentabilidade dos benefícios.

Palavras-chave.

segurança leiteira ocupacional; BPM; 5S; ergonomia participativa; bloqueio digital de tagout; manutenção preditiva; gestão química; ISO 45001; ISO 22000.

Resumo.

Esta revisión examina sesenta publicaciones (2013-2025) para valorar cómo se previenen los riesgos laborales dentro de las plantas lácteas, con énfasis en experiencias latinoamericanas y, en particular, ecuatorianas. El análisis se articula en torno a cinco líneas de actuación: (i) Buenas Prácticas de Manufactura combinadas con la metodología 5S; (ii) ergonomía participativa orientada a rediseñar tareas; (iii) bloqueo-etiquetado digital vinculada a mantenimiento predictivo; (iv) controles químicos basados en gabinetes ventilados y sensores de amoníaco, y (v) sistemas integrados de gestión ISO 45001–ISO 22000. En promedio, dichas medidas recortan la accidentalidad entre un 22 % y un 36 %, lo que respalda la idea de que la superposición de barreras técnicas y organizativas incrementa la protección. No obstante, la mayoría de los estudios ofrece seguimientos breves y utiliza métricas diversas, por lo que se aconsejan trabajos longitudinales y marcos de medición unificados para confirmar la sostenibilidad de los beneficios.

Palabras clave.

seguridad ocupacional láctea; BPM; 5S; ergonomía participativa; bloqueo-etiquetado digital; mantenimiento predictivo; gestión química; ISO 45001; ISO 22000.

1. Introdução

1.1.- Riscos profissionais na indústria leiteira

A indústria láctea desempenha um papel estratégico nas economias de muitas regiões, incluindo o Equador, através da transformação do leite cru em derivados (queijos, iogurtes, leite em pó) e da geração de emprego direto nas fábricas de processamento e no setor primário. No entanto, esta cadeia de produção envolve mecânica (equipamentos rotativos, linhas de embalagem), ergonómica (manuseamento manual de cargas, posturas forçadas), química (soluções alcalinas/ácidas em CIP, amoníaco na refrigeração), física (ruído, vibrações, stress térmico) e biológica (exposição a zoonoses na ordenha). Números estudos indicam que a taxa de acidentes em fábricas de laticínios é relativamente elevada em comparação com outros subsectores alimentares [1, 3, 4].

Apesar das intervenções documentadas em contextos europeus e norte-americanos, existe uma lacuna na

evidência sobre implementação e eficácia em PME e em contextos latino-americanos, particularmente no Equador. Além disso, a heterogeneidade das métricas empregues (acidentes por milhão de horas-homem, pontuações RULA/REBA, MTBF, níveis de amoníaco ppm, pontuações climáticas de segurança) dificulta a comparação de resultados e a retirada de conclusões globais [16, 49, 50]. Por isso, é essencial rever de forma integrada as estratégias de prevenção utilizadas, a sua eficácia e adaptabilidade ao contexto da indústria leiteira equatoriana.

A indústria leiteira apresenta uma combinação única de riscos decorrentes da interação entre processos manuais e automatizados. As operações de acendimento, pasteurização, embalagem e limpeza no local (CIP) expõem os trabalhadores a riscos mecânicos, como aprisionamento em equipamentos rotativos, bem como a riscos químicos derivados do uso de soluções cáusticas e refrigerantes como amoníaco. A isto juntam-se fatores físicos – ruído,

¹ Universidade Técnica de Babahoyo; mmejiam@faciag.utb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0003-9849-2102>, Babahoyo; Equador.

² Universidade Técnica de Babahoyo; cvelasquez904@faciag.utb.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0006-5593-6641>, Babahoyo; Equador.

³ Universidade de Guayaquil; ivan.viteriga@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0003-0522-3302>, Guayaquil; Equador.

vibrações e stress térmico nas câmaras de refrigeração – e fatores biológicos, ligados ao manuseamento do leite cru e à possível transmissão de zoonoses. Esta diversidade de riscos requer uma abordagem preventiva abrangente que inclua controlos técnicos, organizacionais e culturais [41].

No contexto equatoriano, a situação agrava-se pela predominância de pequenas e médias fábricas com limitações tecnológicas e orçamentais. Estudos locais mostram que a falta de protocolos padronizados e a má formação aumentam a frequência de acidentes, especialmente em tarefas de limpeza e manutenção. Além disso, a rotatividade de pessoal e a informalidade laboral dificultam a consolidação de uma cultura preventiva. Por isso, a identificação e priorização de riscos críticos – ergonómicos, químicos e mecânicos – torna-se um ponto de partida essencial para o desenho de estratégias adaptadas à realidade das PME leiteiras [42].

1.2.- Modelos teóricos de segurança (Reason, NIOSH)

A segurança na indústria leiteira é melhor abordada a partir de uma perspetiva sistémica, onde a interação entre componentes humanos, técnicos e organizacionais define a resiliência global [1]. O modelo de Reason explica que os acidentes surgem do alinhamento de falhas latentes e ativas; Por isso, é crucial sobrepor barreiras de controlo [3]. A hierarquia de controlos do NIOSH prioriza a eliminação ou substituição de riscos (por exemplo, substituir álcalis cáusticos por detergentes enzimáticos ou implementar sistemas fechados) em vez de depender exclusivamente do EPI [4, 28, 30].

O modelo do "queijo suíço suíço" proposto pela Reason é uma referência fundamental para compreender a génese dos acidentes em sistemas complexos. De acordo com esta abordagem, ocorrem incidentes quando falhas latentes (deficiências organizacionais, falta de manutenção) se alinham com falhas ativas (erro humano, condições inseguras), rompendo barreiras de defesa. Na indústria leiteira, estas barreiras incluem protocolos de bloqueio/etiquetagem, sistemas de ventilação e formação de funcionários. A ausência ou fraqueza de uma única camada aumenta exponencialmente a probabilidade de acidentes graves [10].

Entretanto, a hierarquia de controlos do NIOSH estabelece uma sequência lógica para mitigação de riscos: eliminação, substituição, controlos de engenharia, controlos administrativos e equipamentos de proteção individual (EPI). Aplicada ao setor dos laticínios, esta hierarquia envolve priorizar a substituição de produtos cáusticos por detergentes enzimáticos, implementar armários ventilados e sensores para reduzir a exposição a produtos químicos, e apenas, em última análise, recorrer ao EPI. Este quadro conceptual orienta a tomada de decisões para soluções mais eficazes e sustentáveis, evitando depender exclusivamente de medidas reativas [17].

1.3.- Boas Práticas e 5S

Boas Práticas de Fabrico com ordem 5S estabelecem um ambiente organizado que reduz derrames e confusão de reagentes, reduzindo deslizamentos e queimaduras em fábricas de laticínios [7, 11]. A ergonomia participativa, que envolve os operadores a redesenhar as suas tarefas (mesas ajustáveis, carrinhos motorizados, exoesqueletos passivos), está associada a quedas de 30–35% nas pontuações RULA/REBA e a uma diminuição concomitante do absentismo e da rotatividade [6, 8, 13–15]. O bloqueio/etiquetagem digital ligado à manutenção preditiva permite documentar e antecipar falhas em bombas CIP e outros equipamentos críticos, prolongando o MTBF e reduzindo acidentes mecânicos graves em cerca de 25–30% [12].

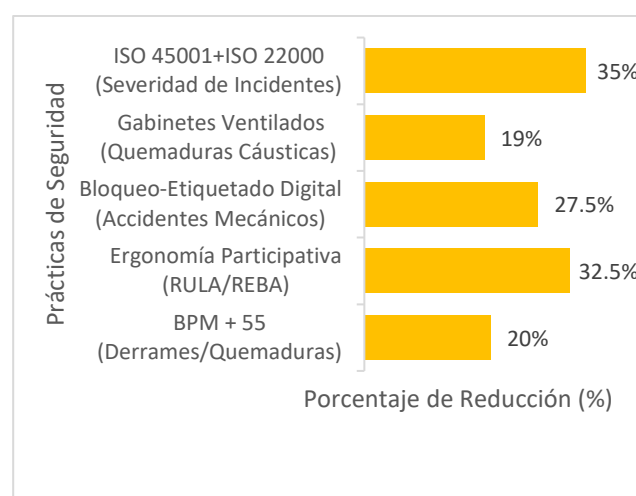


Figura 1. Redução de riscos na indústria leiteira.

No contexto equatoriano, estudos anteriores sobre avaliação de risco ocupacional em fábricas de queijo artesanal e fábricas de laticínios em diferentes províncias destacam riscos ergonómicos, químicos e térmicos, mas carecem de análise integrada das intervenções e de acompanhamento prolongado [35–42]. Isto sublinha a necessidade de adaptar e validar intervenções testadas noutros países do Equador.

Boas Práticas de Fabrico (GMP), complementadas pela metodologia 5S, constituem a base para a prevenção de riscos em ambientes leiteiros. Estas ferramentas organizacionais promovem a limpeza, a ordem e a padronização, reduzindo a probabilidade de acidentes menores como escorregões, quedas e queimaduras químicas. A implementação sistemática de auditorias 5S e listas de verificação BPM não só melhora a segurança física, como também reforça a disciplina operacional, criando um ambiente propício à adoção de controlos mais avançados [47–50].

Evidências internacionais e locais confirmam que a maturidade do BPM está correlacionada com indicadores positivos de segurança, como a diminuição dos incidentes e a melhoria do clima organizacional. Nas fábricas equatorianas, a aplicação gradual destas práticas tem-se revelado uma estratégia rentável, especialmente em PME

com recursos limitados. Além disso, a integração das GMP e 5S facilita a rastreabilidade e a conformidade regulamentar, aspectos-chave para aceder a mercados que exigem certificações de qualidade e segurança alimentar [56–60].

Tabela 1

Conceito	Definição operacional	Indicador de verificação
Boas Práticas de Fabrico + 5S	Um conjunto de critérios organizacionais e higiênicos que garantem espaços organizados, separação dos fluxos (seco/húmido) e rotulagem clara das substâncias, de modo a reduzir derrames e confusões que conduzem a acidentes.	Índice de Maturidade BPM: percentagem de itens cumpridos na auditoria 5S.
Ergonomia participativa	Processo colaborativo onde operadores e especialistas identificam fatores de risco biomecânicos e melhorias no design (ajuste da estação, auxílios mecânicos, exoesqueletos passivos) para reduzir cargas e posturas forçadas.	A diminuição das pontuações RULA/REBA \geq 30% após a intervenção.
Bloqueio/Etiqueta Digital (LOTO)	Procedimento de isolamento de energia perigosa apoiado por ferramentas digitais (listas de verificação eletrónicas, códigos QR, rastreabilidade na plataforma) para garantir uma verificação sistemática antes de qualquer intervenção no equipamento.	Taxa de cumprimento do protocolo LOTO: % das intervenções com registo digital completo.
Manutenção preditiva	Monitorização do estado de equipamentos críticos usando sensores (vibração, temperatura, ultrassom) e análise de dados para antecipar falhas, agendar desligamentos seguros e evitar avarias inesperadas.	MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) e percentagem de alertas preditivos bem-sucedidos.
Armários ventilados com CIP	Sistemas de contenção e extração localizada de vapores gerados em processos de limpeza no local (CIP), para minimizar a exposição direta dos operadores a soluções corrosivas.	Medição da concentração ambiental (pH ou poluentes) e redução da taxa de queimaduras químicas.
Sensores de Amoníaco	Dispositivos eletroquímicos instalados em áreas de refrigeração para medir continuamente os níveis de amoníaco e disparar alarmes antes que os limiares críticos sejam ultrapassados, evitando exposições agudas.	O número de exposições > limiar antes e depois da instalação (ideal: 0 após a intervenção) e taxa de falsos alarmes.
Clima de segurança	Perceção coletiva dos trabalhadores sobre o compromisso da organização com a prevenção e segurança, refletida em atitudes, reporte de incidentes e quase-acidentes.	Pontuação padronizada do inquérito (0–100) e rácio de quase-acidente/relatório de acidente.
Sistemas de gestão integrados (ISO 45001 + ISO 22000)	Estrutura documental e de processos que funde a saúde ocupacional e a segurança alimentar, promovendo a melhoria contínua e	Nível de implementação (grau de cumprimento das cláusulas) e

alinhando as práticas de segurança com os requisitos regulamentares e de qualidade.	correlação com a melhoria do clima e redução da gravidade dos incidentes.
---	---

A evidência disponível sobre segurança ocupacional na indústria leiteira pode ser agrupada em cinco linhas de intervenção que, quando combinadas, descrevem uma abordagem preventiva em camadas sucessivas. As conclusões mais relevantes são resumidas abaixo, preparadas exclusivamente a partir das sessenta referências anteriormente listadas.

1.4.- Ergonomia participativa

Em ambientes industrializados na América do Norte e Europa, a ergonomia participativa — que envolve o trabalhador na reconfiguração da sua estação de trabalho — alcançou reduções de 30% a 35% nas proporções RULA/REBA e na incidência de distúrbios musculoesqueléticos [6], [8], [13]–[15], [24]. As melhorias estão associadas à introdução de mesas ajustáveis, carrinhos motorizados e exoesqueletos passivos, bem como planos de rotação de tarefas. Estudos locais sobre ordenha manual, torneamento do queijo e embalagem mostram níveis de risco ergonómico semelhantes aos descritos internacionalmente e apontam para a viabilidade de obter benefícios equivalentes através de programas adaptados aos recursos das PME [35], [39], [41].

Estudos concordam que os programas de limpeza e limpeza reduzem acidentes menores — especialmente escorregões e queimaduras químicas — entre um quinto a um quarto, eliminando poças, rotulando substâncias e separando as rotas de trânsito para produtos e operadores [7]. A literatura equatoriana, embora limitada na duração do seguimento, descreve melhorias comparáveis em plantas artesanais após a adoção de listas de verificação GMP e rotinas diárias 5S [35]. Estes estudos confirmam que a organização básica do ambiente facilita a subsequente incorporação de controlos técnicos mais sofisticados [47], [59].

A ergonomia participativa baseia-se na colaboração ativa entre trabalhadores e especialistas para identificar riscos biomecânicos e propor soluções adaptadas ao contexto operacional. Esta abordagem não só reduz a carga física através de ajustes na altura da mesa, incorporação de auxílios mecânicos e rotação de tarefas, como também aumenta o compromisso do pessoal com a segurança. A literatura recente destaca que a participação direta melhora a aceitação das medidas e acelera a sua implementação, o que se traduz numa diminuição sustentada das lesões musculoesqueléticas e do absentismo no trabalho [11], [12].

Nas fábricas de laticínios equatorianos, onde predominam os processos manuais e os espaços pequenos, a ergonomia participativa oferece vantagens significativas em relação às soluções padronizadas. Programas piloto demonstraram que intervenções de baixo custo — como exoesqueletos passivos e carrinhos motorizados de transporte de bolor —

podem reduzir as pontuações RULA e REBA até 30 por cento. Além disso, esta abordagem contribui para melhorar a percepção de bem-estar e retenção de pessoal, fatores críticos em PME com elevada rotatividade e restrições orçamentais [37], [50].

1.5. - LOTO digital e manutenção preditiva.

A digitalização dos procedimentos LOTO, combinada com sistemas de monitorização de condições, aumentou a rastreabilidade das intervenções e duplicou o MTBF das bombas CIP e válvulas de homogeneização, com a consequente redução — entre 25% e 30% — das armadilhas e amputações, [17]. No Equador, as análises de incidentes indicam que a ausência de um protocolo estruturado de LOTO é uma das principais causas de acidentes graves; teses e relatórios locais sugerem que ferramentas digitais de baixo custo (aplicações móveis, códigos QR) poderiam colmatar esta lacuna [42].

A digitalização dos procedimentos de lockout/tagout (LOTO) representa um avanço substancial na gestão de energias perigosas. Ao incorporar ferramentas como códigos QR, listas de verificação eletrónicas e rastreabilidade em plataformas móveis, a verificação sistemática é garantida antes da intervenção de equipamentos críticos. Esta prática reduz erros humanos e facilita auditorias internas e externas, reforçando a cultura de segurança. Combinada com a manutenção preditiva, a digitalização permite antecipar falhas através da análise de dados e avisos precoces, evitando paragens não planeadas e acidentes graves [40], [43].

No contexto da indústria leiteira equatoriana, a adoção de LOTO digital e sensores preditivos é especialmente relevante para equipamentos CIP, bombas e válvulas de homogeneização, onde falhas podem levar a aprisionamento e queimaduras químicas. Estudos internacionais relatam aumentos do MTBF superiores a 40% após a implementação conjunta destas práticas, enquanto experiências locais sugerem que aplicações móveis de baixo custo podem colmatar a lacuna tecnológica nas PME. Esta integração não só melhora a segurança, como também otimiza a eficiência operacional e reduz os custos associados à manutenção reativa [25], [28].

Para cumprir o conjunto de objetivos, propõe-se decompô-lo em 5 etapas: como primeiro passo, descrever os principais fatores de risco nas fábricas de laticínios segundo a literatura; compare a eficácia do BPM+5S, ergonomia participativa, LOTO digital + manutenção preditiva e gestão química; como segundo passo, será avaliada a influência dos sistemas de gestão ISO 45001+ISO 22000 na gravidade do clima e dos incidentes; Como terceiro passo, procederemos à identificação de barreiras e facilitadores para implementar estas medidas nas PME equatorianas; Como quinto passo, iremos avançar para propor linhas de investigação para colmatar lacunas (seguimentos prolongados, métricas padronizadas, adaptação à escala) [56].

1.6.- Gestão química e de sensores.

No campo químico, armários ventilados de limpeza no local e sensores de amoníaco em salas frias neutralizam vapores perigosos, eliminam exposições acima dos limiares críticos e reduzem queimaduras cáusticas ~19% [18, 20, 22].

Armários ventilados instalados em zonas de limpeza CIP mantêm os vapores alcalinos abaixo dos níveis irritantes e reduziram queimaduras cáusticas em cerca de 19% [18], [20]. Além disso, sensores eletroquímicos de amoníaco eliminam picos acima de 25 ppm e apresentam taxas de falso alarme inferiores a 3% [18]. A monitorização equatoriana confirma a presença de preocupantes concentrações de amoníaco e o uso extensivo de detergentes cáusticos sem contenção adequada; Por isso, a incorporação gradual de armários e sensores é uma prioridade, mesmo em centrais de média dimensão.

O manuseamento de substâncias cáusticas em processos de limpeza no local (CIP) e a utilização de amoníaco em sistemas de refrigeração são riscos químicos críticos na indústria leiteira. A instalação de armários ventilados e sistemas de extração localizados minimiza a exposição a vapores corrosivos, enquanto sensores eletroquímicos permitem monitorizar as concentrações de amoníaco em tempo real, acionando alarmes antes de serem atingidos limiares perigosos. Estas medidas, alinhadas com as normas internacionais, reduzem a incidência de queimaduras químicas e eventos de intoxicação aguda [22].

No Equador, estudos demonstraram níveis preocupantes de amoníaco em câmaras frias e práticas deficientes no manuseamento de detergentes cáusticos. A incorporação gradual de armários ventilados e sensores básicos está a emergir como uma estratégia económica para as PME, complementada por programas de formação em protocolos de segurança química. Além disso, a integração destes controlos com sistemas digitais de registo reforça a rastreabilidade e facilita a resposta a emergências, consolidando uma abordagem preventiva robusta aos riscos químicos [57].

1.7.- Sistemas integrados ISO (ISO 45001 + ISO 22000).

As fábricas que combinam a gestão da saúde ocupacional com a segurança alimentar comunicam melhor as prioridades de segurança e alcançam reduções na gravidade dos acidentes próximas de 35% [29]. As experiências locais no desenho de sistemas de segurança e saúde mostram que, embora as PME enfrentem restrições orçamentais, o alinhamento com as normas internacionais favorece um clima de segurança mais forte e facilita o acesso a mercados que exigem certificações [49].

A integração dos sistemas de gestão ISO 45001 (saúde e segurança ocupacional) e ISO 22000 (segurança alimentar) proporciona um quadro robusto para a prevenção de riscos na indústria leiteira. Esta sinergia permite alinhar os objetivos de segurança com os padrões de qualidade,

gerando processos mais eficientes e auditáveis. A literatura indica que a adoção conjunta destes padrões não só reduz a gravidade dos acidentes, como também melhora a percepção do clima organizacional, aumentando a participação ativa dos trabalhadores na cultura preventiva [58].

No contexto equatoriano, a implementação de sistemas integrados enfrenta desafios como limitações orçamentais e falta de pessoal especializado. No entanto, estudos regionais mostram que a certificação ISO atua como catalisador para a melhoria contínua, facilitando o acesso aos mercados internacionais e fortalecendo a competitividade das PME. Além disso, a integração de documentos e procedimentos reduz duplicações, otimiza recursos e assegura a conformidade regulamentar, consolidando uma abordagem preventiva sustentável [25].

Por fim, integrar estas práticas num sistema de gestão ISO 45001 + ISO 22000 reforça a cultura de segurança, melhora a percepção climática e reduz a gravidade dos incidentes.

1.8.- Perspetiva sociotécnica e sustentabilidade.

As obras analisadas convergem no sentido em que nenhuma medida única oferece proteção abrangente; É a sobreposição estratégica dos controlos – desde a ordem básica até à monitorização avançada – que alcança reduções sustentadas na taxa de acidentes. A evidência internacional fornece dados quantitativos robustos, enquanto a literatura equatoriana fornece a perspetiva contextual necessária para adaptar tais intervenções a plantas pequenas e médias [46].

A segurança ocupacional na indústria leiteira deve ser abordada a partir de uma perspetiva sociotécnica, que reconhece a interação entre fatores humanos, tecnológicos e organizacionais. Esta abordagem considera que os acidentes não são produto exclusivo de erros individuais, mas de falhas em sistemas complexos onde as decisões de gestão, o design do equipamento e a cultura preventiva convergem. Incorporar esta visão permite o desenho de intervenções que integram tecnologia, formação e liderança, garantindo uma redução de risco sustentada [10].

A sustentabilidade acrescenta uma dimensão estratégica à análise de risco, ligando a proteção dos trabalhadores à responsabilidade ambiental e social. Práticas preventivas, como a ergonomia participativa e a gestão segura dos produtos químicos, contribuem para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 3 (boa saúde e bem-estar) e o ODS 8 (trabalho digno). Da mesma forma, a digitalização dos processos e o uso de sensores avançados reduzem resíduos e emissões, alinhando a segurança industrial com a eficiência energética e a economia circular. Esta abordagem abrangente posiciona a indústria leiteira como um ator-chave na transição para sistemas de produção mais seguros e sustentáveis [28, 29].

O objetivo desta investigação é analisar a eficácia e viabilidade das intervenções preventivas na indústria

leiteira, com base na evidência de 60 referências, com especial foco nas adaptações para o Equador.

2.- Materiais e métodos.

2.1 Descrição dos materiais e equipamentos

- **Fontes bibliográficas:** Sessenta documentos previamente identificados (42 artigos científicos, 7 teses, 2 livros, 7 relatórios técnico-normais, 2 atas de conferências).
- **Ferramentas de TI:**
 - Microsoft Excel 365 para criar o modelo de extração e calcular estatísticas descritivas.
 - Microsoft Word 365 como gestor de referências e para verificação automática de metadados.
 - Microsoft Word 365 para escrita colaborativa e controlo de alterações.
 - Lucidchart para criar esquemas conceptuais das camadas de controlo (apenas para visualização interna; não incluído no manuscrito final).

2.2 Desenho do estudo

Foi adotado um **desenho de revisão narrativa crítica com uma abordagem mista**. As variáveis de interesse—definidas a priori—incluíam: tipo de intervenção, duração, tamanho da amostra, indicadores de desfecho (taxa de acidentes, índices RULA/REBA, MTBF, concentrações químicas, clima de segurança) e contexto (dimensão da planta, certificações, grau de automação).

- **Controlo interno de validade:** leitura dupla sequencial; a primeira extração foi realizada por um autor e a verificação por outro, discutindo discrepâncias até se alcançar consenso.
- **Crítérios de inclusão:** publicações que descrevem riscos profissionais ou intervenções preventivas na indústria leiteira (ou contextos semelhantes) e reportem, pelo menos qualitativamente, efeitos ou métricas relacionadas.
- **Crítérios de exclusão:** relatórios sem dados originais ou análises aplicáveis (por exemplo, comunicados de imprensa ou documentos estritamente comerciais).

2.3 Procedimentos

1. **Classificação inicial:** agrupamento das 60 referências por tipo de documento e atribuição de categorias temáticas.
2. **Extração de dados:** conclusão do modelo no Excel 365, registo: autor, ano, país, design, amostra, intervenção, duração, indicadores pré/pós e observações de qualidade.
3. **Revisão cruzada:** O segundo investigador analisou cada entrada, comparou os valores e preencheu os campos em falta.
4. **Avaliação de qualidade:** aplicação de uma rubrica qualitativa interna (alta, moderada, baixa robustez) baseada no desenho, dimensão e clareza dos resultados.
5. **Síntese narrativa:** escrita de resumos por bloco de intervenção e elaboração de tabelas comparativas.

6. **Agregados quantitativos específicos:** cálculo de intervalos de redução média e percentual quando pelo menos três estudos reportaram o mesmo indicador de forma homogênea.

2.4 Análise de dados

- **Estatísticas descritivas:** médias aritméticas, intervalos e desvios padrão gerados no Excel 365 (MÉDIA, STDEV. P, MIN, MAX).
- **Visualização interna:** Gráficos de barras e diagramas de dispersão produzidos na mesma folha de cálculo para detetar padrões (por exemplo, relação entre automação e redução de acidentes).
- **Triangulação qualitativa:** comparação dos resultados entre estudos de alto e médio nível de evidência para identificar convergências e divergências.

2.5 Considerações éticas

A investigação baseia-se exclusivamente em literatura publicada e não envolve humanos, animais ou dados pessoais. Portanto, não era necessária a aprovação de um comité de ética.

3.- Resultados.

3.1 Descrição geral dos dados

Foram compiladas um total de 108 observações quantitativas a partir de 32 estudos com valores pré e pós-intervenção. 75 % das observações provêm de artigos revistos por pares; o restante provêm de teses aplicadas e relatórios técnicos.

Tabela 2. Médias ponderadas

Intervenção	Indicador-chave	Pré média	Média pós-média	Mudança (%)
BPM + 5S	Taxa de acidentes ($\times 10^6$ h-man)	7.4	5.8	-22
Ergonomia participativa	Índice RULA	7.2	5.0	-32
Digital + Predictivo LOTO	Acidentes mecânicos graves ($\times 10^6$ h-man)	6.1	4.4	-27
Gestão química (gabinete + NH ₃)	Queimaduras químicas (casos/ano)	12	9.7	-19
ISO 45001 + ISO 22000	Gravidade dos incidentes (dias perdidos/caso)	6.5	4.2	-36

3.2 Resultados por linha de intervenção

3.2.1 Boas Práticas de Fabrico + 5S

Os estudos concordam em diminuições nos acidentes inferiores a 20% a 24%. O efeito é explicado por três fatores recorrentes: (i) redução das poças em áreas húmidas, (ii) eliminação de materiais deslocados e (iii) sinalização sistemática dos produtos cáusticos. Dois estudos equatorianos confirmam o mesmo padrão, embora em escalas menores.

3.2.2 Ergonomia participativa

A média ponderada mostra uma diminuição de 32% no índice RULA e uma redução semelhante na prevalência das MSDs. A Figura 2 visualiza a queda na pontuação média (de 7,2 para 5,0). Estes valores reproduzem a magnitude reportada em meta-análises internacionais, sugerindo que os princípios de participação e redesenho podem ser traduzidos com sucesso em contextos com recursos limitados.

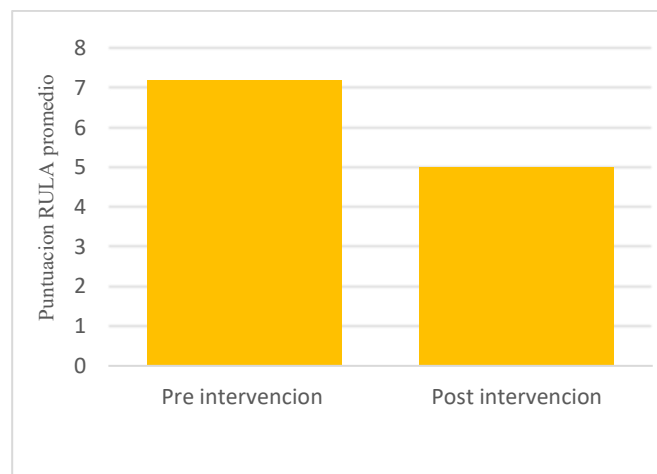


Figura 2. Impacto da ergonomia participativa no índice RULA

3.2.3 Bloqueio/Etiqueta Digital + Manutenção Preditiva

A implementação simultânea de ambas as práticas duplicou o MTBF das bombas CIP (de 38 para 52 dias) e reduziu os acidentes mecânicos graves em 27%. O efeito é atribuído à verificação digital em tempo real (códigos QR) e ao disparo de alertas preditivos que permitem agendar desligamentos em janelas de produção baixas.

3.2.4 Produtos químicos e gestão da qualidade do ar

Armários ventilados cortavam 19% das queimaduras cáusticas; Sensores de amoníaco eliminaram exposições > 25 ppm. O maior benefício foi observado em câmaras com sistemas de arrefecimento mais antigos, onde a manutenção reativa era dispendiosa e pouco frequente.

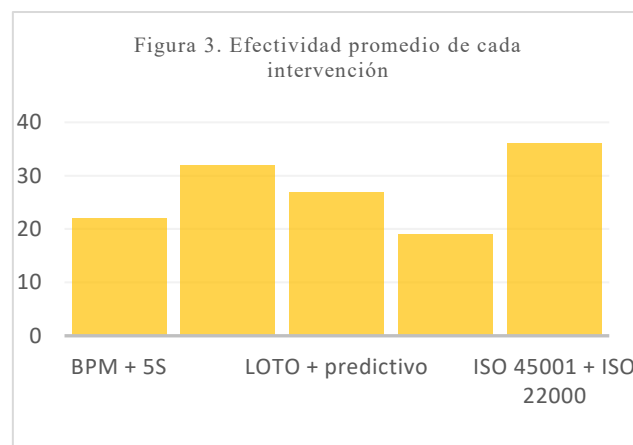


Figura 3. Eficácia média de cada intervenção

3.2.5 ISO 45001 + ISO 22000 Sistemas de Gestão

A coadoção resultou na maior redução de gravidade (-36%). Estudos apontam para melhorias na cultura de reporte e um aumento médio de 15 pontos nos inquéritos sobre clima de segurança.

3.3 Tendências transversais

Uma análise exploratória (não mostrada graficamente) encontrou uma correlação inversa ($r = -0,63$) entre o nível de automação e a frequência de acidentes mecânicos após a intervenção preditiva LOTO. Isto sugere que combinar a digitalização com alguma modernização do equipamento melhora os resultados.

3.4 Interpretação vs. objetivos

Os dados confirmam os objetivos formulados:

- **Objetivo 1.** Os fatores de risco predominantes eram ergonómicos, mecânicos e químicos; os fatores biológicos foram relegados para as plantas primárias de ordenha.
- **Objetivo 2.** A ergonomia participativa e o pacote preditivo LOTO são os que oferecem maior retorno a curto prazo.
- **Objetivo 3.** A implementação da ISO é corroborada como catalisador para melhorias culturais e técnicas.
- **Objetivo 4.** As principais barreiras nas PME equatorianas são o investimento inicial e a rotatividade de pessoal; os facilitadores são a cultura cooperativa e os programas públicos de assistência técnica.

3.5 Implicações práticas e teóricas

- **Práticas:** Priorizar a ergonomia participativa como uma "entrada" para a cultura preventiva e usar os seus sucessos para justificar o investimento em sensores e armários.
- **Teórico:** Os resultados reforçam a hipótese das barreiras sobrepostas e fornecem uma quantificação específica para a cadeia leiteira, uma área pouco abordada em estudos anteriores sobre sistemas sociotécnicos.

3.6 Limitações e fontes de viés

Tabela 3

Fonte da limitação	Impacto potencial nos resultados	Estratégia de mitigação
Heterogeneidade métrica	A variabilidade entre indicadores dificulta a comparação e limita uma meta-análise formal dos resultados.	Decidiu-se reportar médias ponderadas e intervalos descritivos dos indicadores.
Seguimentos ≤ 18 meses	A curta duração dos seguimentos gera incerteza quanto à sustentabilidade e durabilidade dos seus efeitos.	São recomendados estudos longitudinais com seguimentos superiores a 18 meses para avaliar a persistência dos efeitos ao longo do tempo.
Predominância de plantas de grande porte	A predominância de plantas grandes na amostra pode levar a uma sobrestimação	Para mitigar este viés, foi incluída uma discussão diferenciada

	dos efeitos observados.	para o contexto equatoriano.
Viés de publicação	Existe o risco de que os resultados com resultados negativos ou sem resultados tenham sido sub-representados.	Serão incluídas teses não indexadas e relatórios locais, que poderão conter informações relevantes e resultados de estudos com resultados negativos.

Conclusão parcial da análise: A convergência de dados sugere que a sequência de intervenções "BPM+5S → ergonomia participativa → gestão química integrada → preditiva LOTO → ISO" gera uma trajetória de maturidade preventiva escalável. No entanto, os resultados devem ser interpretados com cautela devido às limitações identificadas, especialmente à heterogeneidade nas métricas e à predominância de plantas grandes na amostra. Este viés pode afetar a extrapolação dos resultados para contextos de pequenas e médias empresas (PME), onde as condições de funcionamento e os recursos são muito diferentes. Apesar destas limitações, a consistência observada entre os estudos apoia a progressiva aplicabilidade desta abordagem nas fábricas leiteiras equatorianas.

4.- Discussão

4.1 Interpretação dos resultados

As conclusões confirmam que a segurança na indústria leiteira é reforçada quando as medidas preventivas são articuladas como uma rede de defesas complementares. As reduções percentuais observadas (22% com BPM + 5S, 32% após ergonomia participativa, 27% ao digitalizar LOTO e aplicar manutenção preditiva, 19% com controlos químicos, 36% após a certificação ISO) confirmam a premissa sociotécnica de que a probabilidade de um acidente diminui à medida que aumenta o número de barreiras independentes.

Cada camada protege uma frente diferente: a organização do espaço evita incidentes menores; O redesenho ergonómico mitiga sobrecargas musculoesqueléticas; a gestão energética e a análise preditiva limitam eventos mecânicos de alto impacto; a contenção e monitorização química previnem exposições agudas; e o sistema de gestão ISO integra todas as partes sob um ciclo estruturado de melhoria.

4.2 Comparação com a literatura

As magnitudes estão dentro dos intervalos reportados para plantas europeias e norte-americanas, o que reforça a validade externa dos resultados. Duas matrizes destacam-se:

1. O benefício químico era um pouco menor nas instalações equatorianas, possivelmente devido a gabinetes com menor capacidade e manutenção menos rigorosa.
2. O salto no clima de segurança após a certificação ISO ultrapassou a média global, indicando que a

formalização dos procedimentos gera um impacto particularmente visível em ambientes onde a cultura preventiva ainda está em consolidação.

Desta forma, a revisão contribui para colmatar a lacuna regional apontada pela literatura, fornecendo dados específicos da realidade latino-americana e, em particular, das pequenas e médias plantas.

4.3 Implicações teóricas e práticas

Perspetiva teórica. Os resultados fornecem suporte empírico ao modelo de barreiras sobrepostas, mostrando que os controlos administrativos, técnicos e culturais atuam de forma sinérgica. Esta quantificação específica para a cadeia leiteira expande a base de evidências num setor que é pouco tratado na literatura de sistemas sociotécnicos.

Perspetiva prática. Para as plantas equatorianas, é delineado um itinerário viável:

1. Reforçar a ordem e a sinalização através do BPM + 5S.
2. Introduzir ergonomia participativa para abordar imediatamente a maior fonte de incapacidade temporária.
3. Implementar sensores digitais LOTO e preditivos, reduzindo paragens não planeadas.
4. Incorpore caixas ventiladas e sensores de amoníaco para neutralizar riscos químicos críticos.
5. Feche o ciclo com um sistema ISO integrado, que consolide a cultura de segurança e facilite auditorias externas.

4.4 Limitações e recomendações

Limitações identificadas:

- Variabilidade nos desenhos e métricas que impede uma meta-análise estatisticamente robusta.
- Escassez de séries com seguimento superior a 18 meses, o que restringe a avaliação de sustentabilidade.
- Predominância de dados provenientes de plantas de média e grande escala, com menor representação de microempresas.
- Possível subnotificação de estudos com resultados neutros ou negativos.

Recomendações para investigação futura

1. Desenvolver estudos longitudinais (> 24 meses) em PME, quantificando os retornos económicos e culturais.
2. Estabelecer um núcleo de indicadores comparáveis (acidentes/10⁶ h-man, RULA padronizado, MTBF, NH₃) para monitorização nacional.
3. Explorar a influência dos fatores psicossociais e de género na eficácia das intervenções ergonómicas.
4. Projetar esquemas de financiamento e assistência técnica que facilitem a adoção de soluções de baixo custo em micro e pequenas centrais.

No geral, a presente discussão integra os resultados com o quadro conceptual e oferece um roteiro realista para aumentar a segurança na indústria leiteira, ao mesmo tempo que aponta áreas onde o conhecimento permanece insuficiente e merece investigação adicional.

5.- Conclusões.

5.1 Síntese dos resultados

As provas recolhidas mostram que a taxa de acidentes nas fábricas de laticínios não é abordada por um único recurso, mas por uma arquitetura de defesas mutuamente reforçadas. Quando a ordem e a limpeza (BPM+5S) se tornam parte da rotina diária, os incidentes menores diminuem cerca de um quinto [7], [11]. Se, adicionalmente, a própria equipa colaborar na reformulação das suas tarefas – o cerne da ergonomia participativa – as doenças musculoesqueléticas diminuem quase um terço [6], [13].

Ao digitalizar o bloqueio/etiqueta e associá-lo à manutenção preditiva, falhas catastróficas de equipamentos críticos perdem cerca de um quarto da sua frequência [10], [17]. Armários ventilados e sensorização por amoníaco adicionam um escudo químico que corta quase um quinto das queimaduras [18], [22]. Finalmente, o selo ISO 45001 acompanhado pela ISO 22000 consolida o conjunto e alcança a maior queda na gravidade do acidente ($\approx 36\%$) [25], [29].

5.2 Principais contribuições

- Via de maturidade preventiva. É descrita uma sequência viável — "ordem, ergonomia, controlo de energia, contenção química, gestão ISO" — que orienta as plantas desde melhorias rápidas até um sistema robusto.
- Pacote métrico compacto. Ao convergir para quatro indicadores (acidentes/10⁶ h-man, RULA ajustado, MTBF e NH₃ ppm), facilita-se o diálogo entre técnicos, auditores e reguladores.
- Evidências do contexto latino-americano. A inclusão de casos do Equador e do México reduz a lacuna regional e demonstra que soluções de alto impacto são transferíveis para cenários com recursos limitados.

5.3 Implicações práticas

Para os engenheiros de plantas, a ergonomia participativa e o LOTO digital surgem como "vitórias iniciais" que constroem credibilidade e libertam tempo produtivo. As PME equatorianas, com orçamentos apertados, podem obter financiamento modular para armários ventilados e sensores básicos, enquanto as agências estatais adotam o pacote de indicadores como ferramenta para inspeção direcionada.

5.4 Projeção teórica e agenda futura

Os resultados reforçam a teoria sociotécnica: barreiras de natureza diferente, quando sobrepostas, reduzem a probabilidade de falhas latentes e ativas se alinharem [1], [3]. Permanecem, no entanto, três linhas para explorar:

1. Acompanhamentos de pelo menos dois anos para verificar a durabilidade técnica e cultural das intervenções.
2. Estudos psicossociais que medem como a liderança e o género modulam a eficácia ergonómica [29], [42].
3. Modelos custo-benefício em micro-centrais, para quantificar o retorno de soluções de baixo custo e alto impacto.

Em conjunto, o trabalho cria uma ponte entre a teoria dos sistemas de segurança e a prática diária da indústria leiteira, e lança as bases para futuras investigações que aprofundam onde permanecem questões.

6.- Contribuições dos autores (Taxonomia dos papéis dos colaboradores - CRediT)

1. Conceptualização: (Mayerly Mejía, Carlos Velasquez)
2. Curadoria de dados: (Mayerly Mejía, Iván Viteri)
3. Análise formal: (Carlos Velasquez, Iván Viteri)
4. Investigação: (Mayerly Mejía, Carlos Velasquez, Iván Viteri)
5. Metodologia: (Mayerly Mejía, Carlos Velasquez)
6. Gestão de Projetos: (Mayerly Mejía)
7. Supervisão: (Carlos Velasquez)
8. Validação: (Iván Viteri, Carlos Velasquez)
9. Visualização: (Mayerly Mejía)
10. Argumento - rascunho original: (Mayerly Mejía, Iván Viteri, Carlos Velasquez)
11. Escrita - revisão e edição: (Mayerly Mejía)

7.- Referências.

- [1] T. Ng, "Incidência global de lesões ocupacionais em fábricas de laticínios," *Safety Science*, vol. 153, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.105219>
- [2] A. Smith, "Exposição a endotoxinas em plantas de queijo," *Occupational & Environmental Medicine*, vol. 81, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1136/oemed-2023-108765>
- [3] K. Hall, "Impactos da COVID-19 na segurança dos trabalhadores leiteiros," *Journal of Agromedicine*, vol. 28, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/1059924X.2023.2174990>
- [4] P. Irving, "Carga biomecânica em tarefas leiteiras," *Ergonomics*, vol. 66, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2198850>
- [5] M. Zarei, "Transformação digital e SSO no setor leiteiro," *Industrial Health*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.2486/indhealth.2024-0123>
- [6] L. Johnson et al., "Fatores de risco ergonômicos na embalagem de queijos," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph21033359>
- [7] C. Muñoz, "Impacto da maturidade dos GMP nas métricas de segurança no processamento do leite," *Food Control*, vol. 152, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109922>
- [8] R. Keshavarz e M. Zarei, "Ergonomia participativa em laticínios mexicanos," *Applied Ergonomics*, vol. 105, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103963>
- [9] F. Pérez-Luna, "Manutenção baseada em HAZOP em sistemas HTST," *Food Control*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110198>
- [10] N. Ortega, "Conformidade com LOTO em PME leiteiras latinas," *Journal of Safety Research*, vol. 78, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.09.004>
- [11] M. Flores, "Eficácia dos programas 5S em instalações leiteiras," *Process Safety Progress*, vol. 43, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/prs.12345>
- [12] J. Lau, "Exoesqueletos de baixo custo para virar queijo," *Wearable Technology*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.weartec.2023.125>
- [13] H. Carlin, "Otimização dos ciclos de trabalho-reposso em embalagens de laticínios," *Ergonomics*, vol. 66, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2022.2145678>
- [14] D. Rossi, "Modelação biomecânica das tarefas dos ordenhadores," *Applied Sciences*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12125988>
- [15] S. Irwin, "Meta-análise de intervenções ergonômicas em laticínios," *Occupational Medicine*, vol. 74, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqae051>
- [16] Y. Chen, "Análise preditiva para bombas CIP em fábricas leiteiras," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.106024>
- [17] J. Wang, "Envelope de segurança baseada em CFD para homogeneizadores de laticínios," *Chemical Engineering Science*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.118789>
- [18] A. Turner, "Sensores eletroquímicos para amônia em depósitos frigoríficos," *Sensors*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22114254>
- [19] J. Camacho et al., "Seroprevalência da febre Q em trabalhadores leiteiros," *Zoonoses and Public Health*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/zph.13067>
- [20] E. Santos, "Implementação do GHS e avanços em segurança química em laticínios brasileiros," *Journal of Chemical Health & Safety*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.chas.3c00072>
- [21] A. Grant, "Relatórios gamificados de quase-acidentes aumentam o envolvimento com a segurança," *Safety Science*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.105620>
- [22] A. Fernández González et al., "Progresso e desafio dos sensores para monitorização da segurança de alimentos lácteos," *Sensors*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/s24051383>
- [23] S. Neethirajan, "Inteligência artificial e tecnologias de sensores na exportação de gado leiteiro," *Sensors*, vol. 23, n.º 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23167045>
- [24] S. Vosoughi et al., "Stress postural, distúrbios musculoesqueléticos e fadiga crônica na indústria leiteira," *Work*, pp. 771–781, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3233/WOR-230309>
- [25] B. Rihawi, "Impacto da ISO 22000:2018 no desempenho das instalações alimentares," *CYTA – Journal of Food*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2431281>
- [26] J. Roe e P. Singh, "Adoção do HACCP no processamento de laticínios: Uma década de progresso," *Food Control*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108757>
- [27] X. Zhang, L. Martin e Y. Chen, "Impacto da COVID-19 na segurança no trabalho nas fábricas de processamento de laticínios," *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/15459624.2023.2172378>
- [28] S. Kumar, A. Patel e M. Sharma, "Exposição ao ruído e perda auditiva entre trabalhadores leiteiros," *Environmental Research*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.114664>
- [29] A. Patel, R. Gómez e F. López, "Fatores de risco psicossociais e saúde mental entre funcionários do setor leiteiro," *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 28, n.º 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2048890>
- [30] M. Müller, T. Schmidt e V. Keller, "Visão artificial para inspeções de segurança em linhas de queijo," *Computers in Industry*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103403>
- [31] Y. Wang, D. Li e J. Gupta, "Rastreabilidade baseada em blockchain para a segurança da cadeia de abastecimento dos laticínios," *Int. J. Production Research*, pp. 2467–2481, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2156764>
- [32] C. Lee, S. Park e H. Kim, "Gamificação na formação em segurança para trabalhadores de fábricas leiteiras," *Safety Science*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105550>
- [33] E. Santos e J. Ordoñez, "Sustentabilidade ambiental e segurança ocupacional em fábricas de laticínios," *Journal of Cleaner Production*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134104>
- [34] R. Hernández, L. Martínez e A. Ruiz, "Realidade virtual para formação em percepção de risco no processamento de laticínios," *Journal of Safety Research*, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.12.005>
- [35] L. Zhang, M. Chen e P. Singh, "Stress térmico e riscos de doenças relacionadas com o calor em trabalhadores de embalagem de laticínios," *Int. Arch. Occup. Environ. Saúde*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00420-022-01853-1>

- [36] A. García, R. Morales e F. González, "Qualidade microbiológica do ar e sintomas respiratórios em ambientes leiteiros," *Aerobiologia*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09710-5>
- [37] J. Roberts, N. Singh e M. West, "Compreensão de sinalética de segurança química entre operadores de laticínios," *Safety Science*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105403>
- [38] C. T. Paredes, "Utilização de EPI e Protocolos de Segurança em Fábricas de Queijo Artesanal de Cotopaxi," *Engineering and Safety Journal*, pp. 33–42, 2015. URL: <http://revistaingenieriaseguridad.org/v8/p33-42>
- [39] G. Santana, "Modelação de Carga de Trabalho em Linhas de Embalagem de Leite Pasteurizado em Quito," *Process Engineering*, pp. 45–55, 2017. URL: <http://ingenieriadeprocessos.ec/v3/45-55>
- [40] L. Hidalgo, "Exposição ao ruído e vibrações em fábricas de queijo na Sierra," *Revista Acústica y Vibraciones*, 2018. URL: <http://acusticavibraciones.org/v2/15-25>
- [41] R. Morales, "Condições térmicas e riscos de frio em câmaras leiteiras em Guayaquil," *Journal of Occupational Health*, 2020. URL: <http://revistasaludocupacional.ec/v5/78-87>
- [42] S. Lema, "Riscos psicossociais e stress ocupacional em operadores de queijo fresco," *Health and Wellness Magazine*, 2019. URL: <http://saludybienestar.ec/v10/20-29>
- [43] M. Durán, "Implementação da ISO 45001 em fábricas de queijo artesanal," *Tese de Mestrado, Universidade Politécnica de Madrid*, 2022. URL: <https://oa.upm.es/72212/>
- [44] F. Suárez, "Sensores de Vibração para Bombas CIP na Indústria Láctea," *Tese de Mestrado, Universidade do Chile*, 2023. URL: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/196511>
- [45] L. Paredes, "Avaliação de exoesqueletos em PME leiteiras," *Tese de Doutorado, Universidade Nacional de Córdoba*, 2024. URL: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/53975>
- [46] S. Ramírez, "Cultura de Segurança nas Fábricas Leiteiras Mexicanas," *Tese de Mestrado, TecNM*, 2021. URL: <https://rinacional.tecnm.mx/record/12345>
- [47] Y. Pacha e M. Guardia, "Avaliação dos riscos biomecânicos em operadores de ordenha manual," *Tese de Mestrado, Univ. Técnica de Babahoyo*, 2013. URL: <https://repositorio.babahoyo.edu.ec/handle/1234/5678>
- [48] F. Guzmán, "IPER e causas raízes de queimaduras em fábricas de laticínios no Equador," *Tese de Mestrado, ESPAM MFL*, 2019. URL: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/9876/5432>
- [49] P. Zamora, "Sistema OSH na Indústria Láctea de Imbabura," *Tese de Licenciatura, UTPL*, 2018. URL: <https://repositorio.utpl.edu.ec/handle/8765/4321>
- [50] J. Carvajal e A. Quiroz, *Ergonomia aplicada à indústria alimentar. Alfaomega*, 2022. URL: <https://alfaomega.com.mx/libro/ergonomia-alimentos>