

APLICAÇÃO DA BIOLUMINESCÊNCIA PARA VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DA LIMPEZA NO ENVASE DE BEBIDAS EM INDÚSTRIA NO RIO GRANDE DO SUL

APPLICATION OF BIOLUMINESCENCE TO VERIFY THE EFFECTIVENESS OF CLEANING IN THE PACKAGING OF BEVERAGES IN INDUSTRY IN RIO GRANDE DO SUL

Renata Morgana da Silva dos Santos¹

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Ciência e Tecnologia de Alimentos, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0007-2293-1710>
renata-santos@uergs.edu.br

Profa. Orientadora Dra. Júnia Capua Lima Novello¹

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Ciência e Tecnologia de Alimentos, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-8853-3391>
junia-novello@uergs.edu.br

Profa. Dra. Letícia Sopeña Casarin²

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Departamento de Nutrição, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil
<https://orcid.org/0009-0002-6685-9646>
leticiasc@ufcspa.edu.br

Profa. Dra. Roberta Torres Careli²

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto de Ciências Agrárias, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6606-3982>
robertacareli@hotmail.com

¹Investigação, Administração do Projeto, Escrita – Primeira Redação

²Investigação, Escrita – Revisão e Edição

Recebido: 06/06/2024. Parecer: 08/07/2024. Corrigido: 03/09/2024. Aprovado: 17/09/2024.
Publicado: 26/09/2024



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

RESUMO

A crescente ênfase na segurança de alimentos e na qualidade higiênico-sanitária na indústria de bebidas tem impulsionado pesquisas focadas na

melhoria dos procedimentos de higiene. Este estudo reavaliou os Procedimentos Padrão de Higienização Operacional (PPHO) em linhas de bebidas em uma indústria localizada no Rio Grande do Sul

(RS). A pesquisa empregou a técnica de ATP bioluminescência como ferramenta para mensurar a eficácia dos procedimentos de limpeza. A detecção de valores elevados em Unidades Relativas de Luz (URL) pelo ATP bioluminescência sinalizou a urgência de aprimorar os PPHO, principalmente no que diz respeito à adequação dos procedimentos utilizados às propriedades de cada matriz alimentícia para assegurar a qualidade higiênico-sanitária das superfícies. O maior desafio foi adaptar o tipo e concentração do produto e procedimentos ao sistema e superfícies das linhas de engarrafamento de vinho. O método ATP Bioluminescência pode ser utilizado pelas indústrias de bebidas como ferramenta auxiliar para testes rápidos. Além disso, este é um estudo que destaca a importância da escolha criteriosa dos produtos químicos e a necessidade de melhoria contínua dos procedimentos (tempo, temperatura e concentração) para garantir a eficácia da limpeza das superfícies.

Palavras-chave: Bebidas. Higienização. Bioluminescência.

ABSTRACT

The growing emphasis on food safety and hygienic-sanitary quality within the beverage industry has driven research focused on improving hygiene procedures. In this context, this study reevaluated the Sanitation Standard Operating Procedures (SSOP) in beverage lines, in an industry in Rio Grande do Sul (RS). This research used the Adenosine Triphosphate (ATP) bioluminescence technique as a tool to measure the effectiveness of cleaning practices. The detection of high values in Relative Light Units (RLU) by ATP bioluminescence signaled the urgency of improving SSOP, especially with regard to the adequacy of the practices used to the properties of each food matrix to ensure the hygienic and sanitary quality of the surfaces. The biggest challenge was adapting the type and concentration of the product and procedures to the system and surfaces for the wine bottling lines. The

ATP Bioluminescence method can be used by the beverage industries as an auxiliary tool for quickly testing. Moreover, this is a study that highlights the importance of meticulous choice of chemical products and the need for continuous improvement of procedures (time, temperature and concentration) to guarantee the effectiveness of the cleanliness on surfaces.

Keywords: Beverages. Sanitization. Bioluminescence.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de bebidas desempenha um papel crucial na economia nacional, impulsionada pela busca por novas experiências gastronômicas e pela crescente valorização de produtos de qualidade em termos de segurança de alimentos. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA, 2023), em 2022 houve um significativo aumento no faturamento e na produção do setor, representando expressivos 10,8% do Produto Interno Bruto (PIB) do país.

O Rio Grande do Sul destaca-se como uma região importante na produção de bebidas no Brasil, sendo reconhecido não apenas pela sua importância econômica, mas também pela qualidade dos produtos, que refletem as tradições culturais e históricas do estado (FIERGS, 2023). Contudo, o sucesso contínuo desse setor não depende somente da demanda de mercado e das condições econômicas favoráveis, mas também da garantia da

qualidade e segurança dos produtos elaborados.

Uma das preocupações é a correta execução dos Procedimentos Padrão de Higienização Operacional (PPHO), especialmente no que diz respeito às instalações e equipamentos de processamento. A negligência nesse aspecto não só compromete as características sensoriais dos produtos, mas também representa um risco significativo para a saúde dos consumidores (Smith; e Jones, 2021). Monteiro (2021) destaca os desafios enfrentados pelos profissionais na indústria alimentícia para controlar e eliminar fontes de contaminação, enfatizando a importância da avaliação contínua dos PPHO. Ele também ressalta as limitações das análises microbiológicas convencionais, apontando a necessidade de métodos mais eficazes para supervisionar os processos de higienização.

Nesse contexto, a técnica de ATP bioluminescência se destaca como uma ferramenta valiosa para o controle higiênico de superfícies, equipamentos e utensílios na indústria de alimentos. Essa técnica é amplamente utilizada para monitorar a limpeza e a segurança microbiológica, detectando ATP (adenosina trifosfato), uma molécula presente em todas as células vivas, através da reação da luciferase-luciferina,

que produz luz. A intensidade da luz gerada é proporcional à quantidade de ATP presente e, portanto, à quantidade de matéria orgânica ou de microrganismos na amostra (Yoon & Kim, 2018).

A rapidez na obtenção e interpretação dos resultados dessa técnica é uma de suas principais vantagens, conforme destacado por Lima (2015), atendendo às demandas do mercado por abordagens rápidas e simplificadas, além de possuir alta sensibilidade, sendo capaz de detectar níveis muito baixos de contaminação. Essa combinação de rapidez e sensibilidade torna a bioluminescência baseada em ATP uma escolha ideal para a indústria alimentícia.

A utilização da técnica de ATP bioluminescência não só melhora o controle de qualidade e segurança dos alimentos, mas também contribui para a conformidade com regulamentações importantes, como a Instrução Normativa nº 65/2015 do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), estabelece requisitos técnicos para o registro de bebidas, e a Portaria SVS/MS nº 326/1997, a qual aprova o Regulamento Técnico sobre Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação. Dessa forma, a técnica de ATP bioluminescência desempenha um papel crucial na garantia da qualidade dos produtos elaborados, assegurando que

estejam de acordo com as normas vigentes e oferecendo segurança aos consumidores.

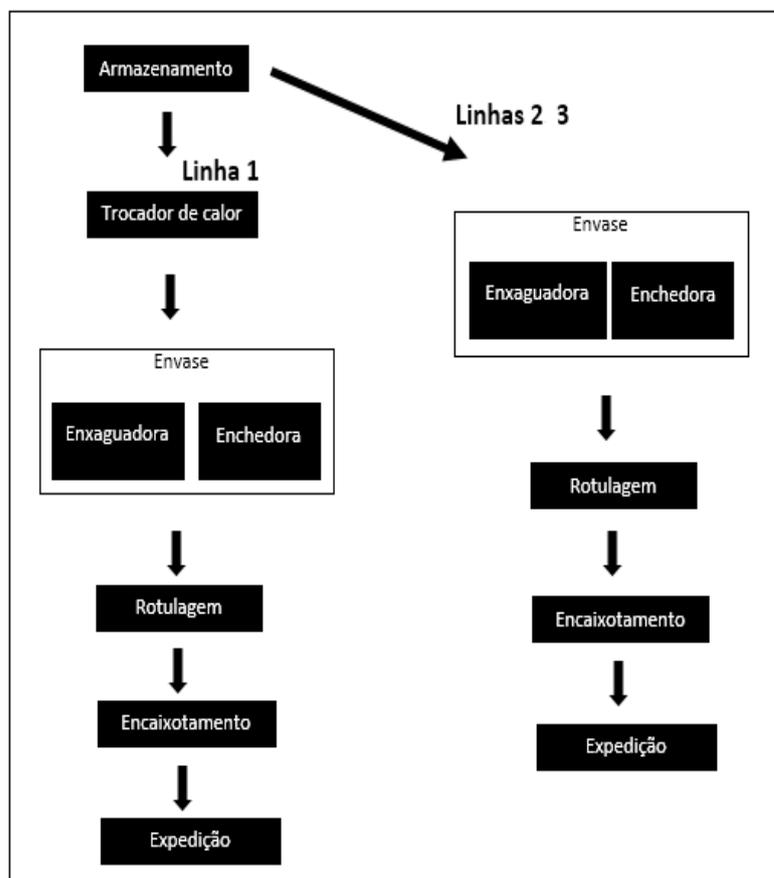
O presente estudo, portanto, avaliou a eficácia dos procedimentos de higienização, identificando áreas críticas que necessitavam de melhorias, implementando ajustes necessários e monitorando os resultados para garantir a conformidade com os padrões de higiene e segurança, em uma empresa situada no Rio Grande do Sul (RS).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma empresa de bebidas localizada no Rio Grande do Sul, Brasil. A indústria produz vinhos, sucos e destilados.

As bebidas são envasadas através de tubulação conectada ao setor de elaboração onde é armazenada. Após o envase, a bebida segue para as próximas etapas conforme o fluxograma representativo de processo (Figura 1), Linha 1 - Suco integral de uva e destilados, Linha 2 - Vinhos e Linha 3 - Vinhos.

Figura 1 - Fluxograma de processo de envase das bebidas em uma empresa industrializadora de bebidas do Rio Grande do Sul.



Fonte: As autoras (2024).

A necessidade de revisão dos Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO) surgiu após a

deteção de incrustações de sais minerais (ácido tartárico) em uma das linhas de produção (Quadro 1).

Quadro 1- Linhas de elaboração de bebidas e pontos de amostragem para análise com o luminômetro.

Local de produção de bebidas	Pontos de amostragem das superfícies processadoras
Linha 1A - Suco integral de uva	Válvulas da enchedora (Ponto 1)
Linha 1B - Destilados	Válvulas da enchedora (Ponto 2)
Linha 2 - Vinhos A	Válvulas da enchedora (Ponto 3)
Linha 3 - Vinhos B	Válvulas da enchedora (Ponto 4)

Fonte: As autoras (2024).

A revisão documental para cada linha de processamento de bebidas foi o primeiro passo para a adequação dos PPHO. Além disso, foi realizada a amostragem das superfícies por *swab*, seguida da leitura em um luminômetro *Hygiena Ensure Touch (Hygiena, EUA)* para a medida quantitativa da presença de adenosina trifosfato (ATP), um indicador de contaminação orgânica (Hygiena, 2021).

Esta tecnologia possibilitou uma avaliação rápida e objetiva da etapa de limpeza. O instrumento foi operado de acordo com as instruções do fabricante, sendo realizados 25 testes de ATP bioluminescência para cada linha de produção em dias diferentes, a depender da bebida a ser envasada. O teste seguiu a partir da esfrega da ponta do *swab* na superfície da válvula da enchedora, em movimento giratório por aproximadamente

dez voltas, aplicando uma leve pressão para garantir a coleta adequada de resíduos. Após o *swab* foi recolocado no tubo e a parte superior foi acionada para liberar o reagente.

Os resultados foram categorizados da seguinte forma: (i) "aprovado" havendo uma escala entre 0 a 19 RLU (Unidades de Luz Relativa), indicando que o procedimento de limpeza realizado estava adequado ou; "atenção", se 20 a 59 RLU, indicando uma limpeza satisfatória, sugerindo a necessidade de uma possível reavaliação do procedimento ou; "reprovado", acima de 60 RLU, apontando para uma inadequação do procedimento, sendo necessária a repetição da limpeza. Essa categorização segue os padrões definidos pela empresa *Hygiena*, em conformidade com as diretrizes estabelecidas tanto pela *Food and Drug*

Administration (FDA) dos Estados Unidos quanto pela *European Food Safety Authority* (EFSA) na Europa, garantindo um alinhamento com práticas de segurança dos alimentos internacionalmente reconhecidos (*Hygiena*, 2021).

Os resultados obtidos a partir da avaliação dos procedimentos adotados pela indústria de bebidas foram utilizados para a realização de melhorias nos PPHO. Após a discussão das melhorias necessárias, estas foram implementadas com o objetivo principal de garantir a segurança dos produtos envasados e assegurar que atendam aos padrões de qualidade e higiene exigidos pela legislação.

As melhorias nos PPHO foram avaliadas pelo emprego do teste de Qui-Quadrado (χ^2) aplicado para os resultados das mesmas frequências obtidas pelos testes de ATP bioluminescência (“aprovado”, ou “atenção”, ou “reprovado”), a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a investigação dos processos de limpeza nas linhas de envase (Figura 1), observou-se a variação da eficácia de remoção de resíduos em função das características específicas das bebidas envasadas. Por meio dos resultados obtidos através da amostragem por *swab* e leitura utilizando luminômetro,

mostraram a necessidade de reavaliação dos procedimentos de limpeza.

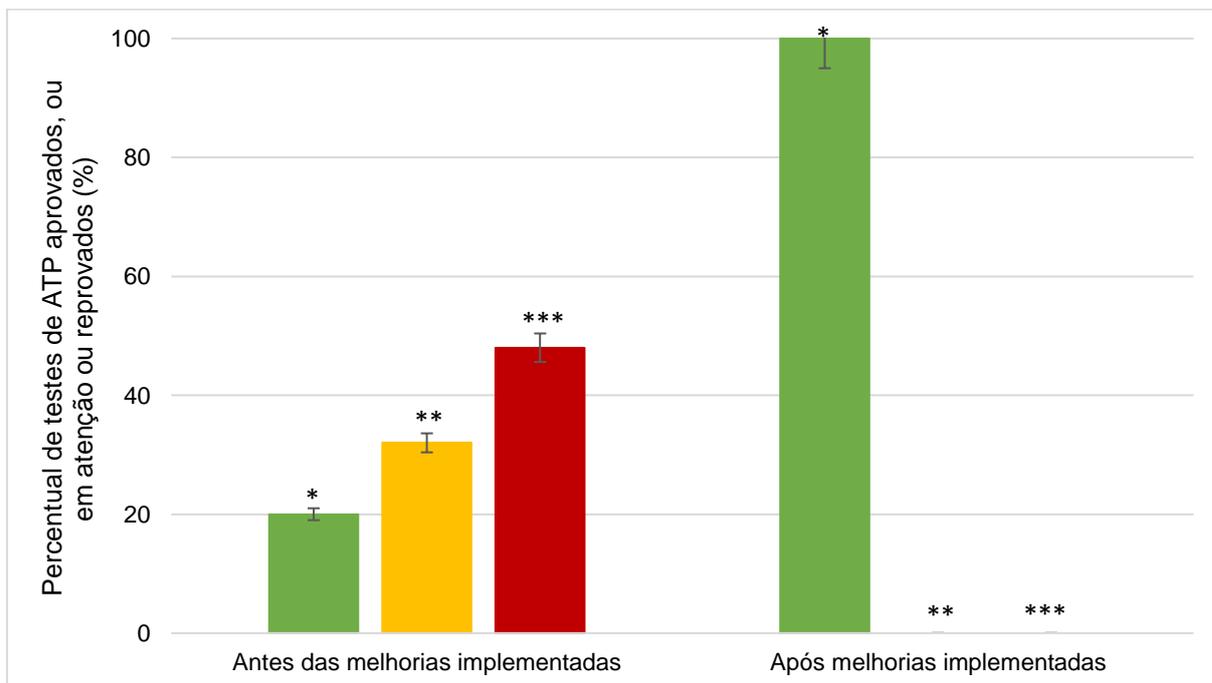
Houve diferença estatística ($p < 0.05$) para as frequências dos testes de ATP bioluminescência avaliadas, antes e após as melhorias implementadas. Na Linha 1, onde ocorre o envase de suco de uva integral (linha 1A) e destilados (linha 1B), verificou-se por inspeção visual a presença de resíduo mineral proveniente de suco integral de uva (incrustações). Após a realização dos primeiros testes utilizando ATP bioluminescência, verificou-se a necessidade de aprimorar os PPHO dos equipamentos das linhas de produção, bem como a validação desses procedimentos. Isso se deve ao fato de que 80% da média dos valores de ATP obtidos indicaram “atenção ou “reprovação” na limpeza realizada nesta linha (Figura 2).

A limpeza dos equipamentos para a produção de destilados e suco de uva, linhas 1A e 1B, era realizada apenas no final do processamento de cada uma destas bebidas através de uma limpeza *Clean In Place* (CIP). Ressalta-se ainda que após o processo de elaboração de suco era realizado somente o procedimento de limpeza com detergente básico e enxague com água quente a 80 °C. Assim, não havendo aplicação de detergente ácido e nem aplicação de um sanitizante químico. Pelo fato de realizar o procedimento de higienização incompleto,

verificava-se a presença de incrustações nas superfícies em diferentes pontos destas linhas, o que resultava em valores fora do padrão estabelecido como

“aprovado” (0 a 19 URL), conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Resultados para as análises de ATP bioluminescência encontrados para a Linha 1 A e 1B: “aprovado” (1 a 19 URL); “atenção” (20 a 59 URL) e “reprovado” (acima de 60 URL) antes das melhorias implementadas, e após as melhorias implementadas.



Barras contendo os mesmos códigos “*”, ou “**”, ou “***”, diferem estatisticamente pelo teste de qui-quadrado para as frequências dentro de uma mesma categoria de resultado (“aprovado”, ou “atenção”, ou “reprovado”) antes e após a implementação das melhorias ($p < 0,05$).

Fonte: As autoras (2024).

De acordo com Helmenstine (2024) as incrustações nas superfícies em contato com alimentos, são resultado da presença de sais minerais, ou proteínas desnaturadas ou ainda devido a presença de açúcar caramelizado. Smith, J., & Brown, A. (2023) atribuíram este fenômeno de formação de depósito à presença de

sais minerais, uma vez que a bebida, o suco de uva, contém uma variedade de minerais essenciais, incluindo potássio, magnésio, manganês, cálcio, sódio e ferro. Diante destes resultados, melhorias no PPHO da linha 1A foram implementadas, sendo elas destacadas no Quadro 2.

Quadro 2- Melhorias implementadas no Procedimento Padrão de Higienização Operacional (PPHO) para a linha 1 A e 1 B suco de uva integral e destilados.

Antes da revisão de PPHO	Depois da revisão de PPHO
a. Pré-enxague com água a temperatura de 80°C.	a. Pré-enxague com água a temperatura de 80°C.
b. Limpeza com detergente alcalino à 1% (v/v), circulando por 40 min.	b. Limpeza com detergente alcalino à 1% (v/v), circulando por 40 min.
c. Dois enxágues com água a temperatura de 80°C,	c. Dois enxágues com água a temperatura de 80°C.
	d. Limpeza com detergente ácido à 1% (v/v), circulando por 15 min.
	e. Dois enxágues com água a temperatura ambiente.

Fonte: As autoras (2024).

Após as melhorias realizadas para os PPHO da Linha 1 (Quadro 2), não mais se obteve resultados de “reprovação” (acima de 60 URL), e o percentual de aprovação nos resultados foi de 100% (Figura 2). Portanto, sendo eficazes as mudanças realizadas, principalmente no que se refere a presença de incrustações nas superfícies.

Durante a revisão dos PPHO, observou-se também que havia deterioração na superfície dos tanques de aço inoxidável usados no armazenamento do suco de uva integral. Este problema foi relacionado a aplicação inadequada de um detergente alcalino, com pH elevado ≥ 12 , para limpeza das superfícies externas destes tanques. Como resultado observou-se a formação de manchas esbranquiçadas e foscas, ou seja, incrustação de sais minerais e remoção da

camada passivadora (Figura 3a). A passivação é um processo crítico para a proteção do aço inoxidável contra a corrosão. Este processo envolve a formação de uma camada de óxido protetora na superfície do aço inoxidável, que é comumente referida como a camada passivadora. Esta camada é fundamental para garantir a durabilidade e a resistência à corrosão do aço inoxidável (Sedriks, A. J. 2020).

Para isso, desenvolveu-se um detergente formulado a base de Ácido Fosfórico e Bifluoreto de Amônio (Higiemaster, Brasil), para remover de maneira eficaz o resíduo mineral e recuperar a camada passivadora do aço inoxidável dos tanques. Assim, aplicou-se manualmente, com o auxílio de uma esponja de fibra sintética, o detergente na concentração de 15% (v/v), por 10 min

(Figura 3b). Após, enxaguou-se com água a temperatura ambiente, e aguardou a secagem natural da superfície. Observou-se que após aplicação do detergente ácido, houve remoção da incrustação de sais

minerais, o que resultou na recuperação da camada passivadora e, conseqüentemente, em uma superfície “brilhante”.

Figura 3- Tanque de aço inoxidável para armazenamento de suco: (a) destaque para a presença de manchas esbranquiçadas de minerais incrustados na superfície; (b) aplicação do detergente ácido na etapa de limpeza; (c) tanques após a limpeza com detergente ácido.



(a)



(b)



(c)

Fonte: As autoras (2024).

Martinez e Garcia (2022) ressaltam que os processos de degradação da camada passivadora em aço inoxidável podem ocorrer devido à exposição a químicos agressivos, altas temperaturas e ambientes salinos. Eles destacam técnicas de restauração dessa camada, incluindo a aplicação de ácido nítrico ou cítrico para eliminar ferro livre e outras impurezas da superfície, um tratamento que facilita a

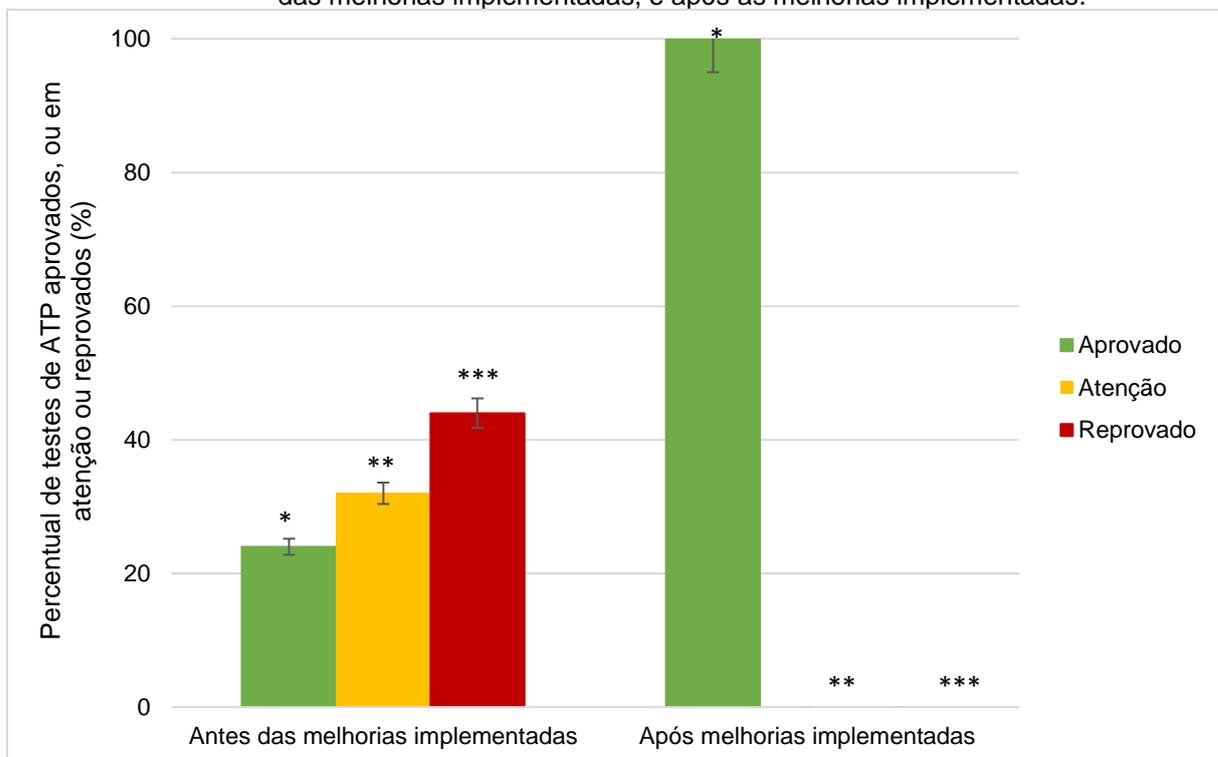
oxidação do cromo e é essencial para otimizar a camada de óxido de cromo que confere ao aço suas propriedades anticorrosivas.

Na sequência das verificações dos PPHO, analisou-se a Linha 2, que é uma linha especificamente designada para o envase de vinhos. Inicialmente, o processo de limpeza era realizado ao final do ciclo de envase desta bebida por meio de um

procedimento CIP. Este procedimento consistia em um pré-enxágue com água a temperatura ambiente (temperatura variável de acordo com a estação do ano), seguida da aplicação de uma solução aquosa com detergente alcalino na concentração de 1% (v/v) sem formação de espuma, que circulava por 20 min. Após esse processo, as válvulas eram esgotadas manualmente pela operadora, garantindo o contato da solução com a válvula do equipamento. Em seguida, eram realizados dois enxágues com água potável, em temperatura ambiente,

seguida pela circulação do sanitizante ácido peracético na concentração de 3% (v/v), antes do próximo ciclo de envase. Somente uma vez ao mês, a limpeza era realizada com detergente ácido, após a aplicação do detergente básico. Os testes de ATP foram empregados para avaliar a eficácia deste procedimento de limpeza. Observou-se que a maioria dos resultados foram insatisfatórios, ou seja, obteve-se a média de 44% de “reprovado” nos testes de ATP (Figura 4) e, portanto, concluindo a necessidade de revisão e melhoria dos PPOH para esta linha de envase.

Figura 4 - Resultados para as análises de ATP bioluminescência encontrados para a Linha 2: “aprovado” (1 a 19 URL); “atenção” (20 a 59 URL) e “reprovado” (acima de 60 URL) antes das melhorias implementadas, e após as melhorias implementadas.



Barras contendo os mesmos códigos “*”, ou “**”, ou “***”, diferem estatisticamente pelo teste de qui-quadrado para as frequências dentro de uma mesma categoria de resultado (“aprovado”, ou “atenção”, ou “reprovado”) antes e após a implementação das melhorias ($p < 0,05$).

Fonte: As autoras (2024).

Para melhorar esses resultados, inicialmente revisou-se o PPHO, buscando compreender as causas dos resultados insatisfatórios. Shimit (2021) conclui que é necessário um entendimento correto das características da sujidade, para o auxílio na escolha de estratégias de limpeza que maximizam a eficiência e mantêm a conformidade com regulamentos de higiene e segurança.

Observando a natureza química da sujidade na Linha 2, que envasa apenas vinhos, pode-se classificar resíduos orgânicos ocasionados pelos açúcares presentes na bebida. Portanto, conhecendo o tipo de sujidade e superfície de contato, foram realizadas modificações para os PPHO para a Linha 2, sendo elas destacadas no Quadro 3.

Quadro 3- Melhorias implementadas no Procedimento Padrão de Higienização Operacional (PPHO) para a Linha 2 de Vinhos B.

Antes da revisão de PPHO	Depois da revisão de PPHO
a. Pré-enxague com água a temperatura ambiente.	a. Pré-enxague com água a temperatura ambiente.
b. Limpeza com detergente na diluição de 1% (v/v), circulando por 20 min.	b. Limpeza com detergente na diluição de 2% (v/v), circulando por 20 min.
c. Dois enxáguos com água à temperatura ambiente.	c. Dois enxáguos com água à temperatura ambiente.
d. Sanitizante ácido peracético na concentração de 3% (v/v), antes do próximo ciclo de envase.	d. Sanitizante ácido peracético na concentração de 3% (v/v), antes do próximo ciclo de envase.

Fonte: As autoras (2024).

Inicialmente, optou-se por ajustar apenas a concentração do detergente básico para 2% (v/v), mantendo o restante do Procedimento Padrão de Higienização Operacional (PPHO) inalterado. Com essa modificação, observou-se uma melhora significativa, alcançando 100% de aprovação nos testes de validação subsequente (Figura 4).

Portanto, os resultados reiteram a importância de práticas de higiene adequadas, com ênfase nas características dos resíduos das bebidas, como o teor de açúcar, para assegurar a integridade e a qualidade do produto final.

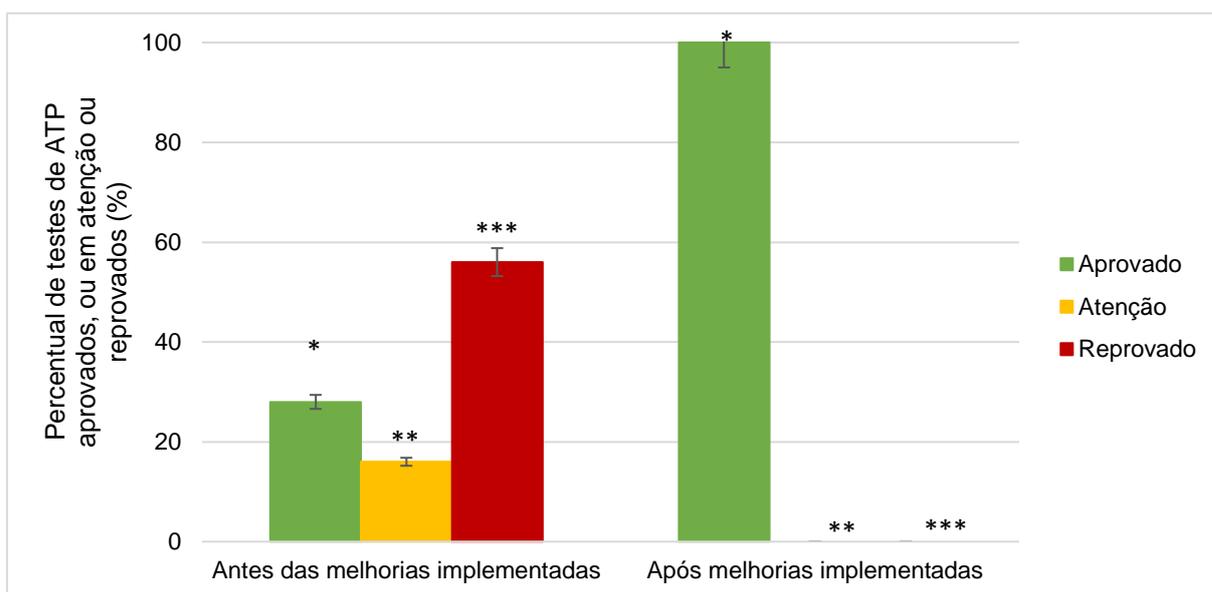
Na Linha 3, que também é utilizada para o envase de vinhos, as operações de limpeza são executadas através de um sistema CIP. A principal distinção entre a

Linha 3 e a Linha 2 reside no tamanho do tanque da enchedora, sendo que o tanque da Linha 2 possui capacidade para armazenar o dobro de bebida (1000 L). O procedimento de limpeza inicia-se com um pré-enxágue utilizando água à temperatura ambiente, seguida pela adição de detergente alcalino a 1% (v/v), conforme recomendação do fabricante. Após a circulação da solução de limpeza por 15 min, procede-se à drenagem manual de cada válvula, finalizando com um enxágue final com água à temperatura ambiente, além da sanitização mensal com ácido

peracético na concentração de 3% (v/v), antes do próximo ciclo de envase, similar ao procedimento adotado na Linha 2.

Os resultados dos testes de ATP foram realizados para verificar a eficácia deste procedimento de limpeza. Observamos por meio dos resultados obtidos que apenas 28% da média dos resultados do teste de ATP apresentaram-se “aprovados”, e 56% como “reprovados” e, portanto, necessitando de revisão do PPHO para atender aos padrões desejados de higiene e segurança da empresa (Figura 5).

Figura 5 - Resultados para as análises de ATP bioluminescência encontrados para a Linha 3: “aprovado” (1 a 19 URL); “atenção” (20 a 59 URL) e “reprovado” (acima de 60 URL) antes das melhorias implementadas e após as melhorias implementadas.



Barras contendo os mesmos códigos “*”, ou “**”, ou “***”, diferem estatisticamente pelo teste de qui-quadrado para as frequências dentro de uma mesma categoria de resultado (“aprovado”, ou “atenção”, ou “reprovado”) antes e após a implementação das melhorias ($p < 0,05$).

Fonte: As autoras (2024).

Para melhorar os procedimentos de limpeza realizados na Linha 3, foi essencial

analisar a dinâmica do processo CIP. Verificou-se que o tempo de contato da

solução alcalina com as válvulas da enchedora era inadequado, principalmente porque, durante a drenagem da solução das válvulas, a solução era simultaneamente drenada por uma tubulação secundária para acelerar o

processo, o que impedia um contato efetivo. Assim, para melhorar a eficiência da limpeza, o tempo de contato do detergente foi aumentado de 15 para 25 min, corrigindo o método de drenagem (Quadro 4).

Quadro 4- Melhorias implementadas no Procedimento Padrão de Higienização Operacional (PPHO) para a Linha 3 de Vinhos A.

Antes da revisão dos Procedimentos Padrão de Higienização Operacional (PPHO)	Depois da revisão dos Procedimentos Padrão de Higienização Operacional (PPHO)
<p>a. Pré- enxague com água a temperatura ambiente.</p> <p>b. Limpeza com detergente alcalino na concentração de 1% (v/v), circulando por 15 min.</p> <p>c. Drenar as válvulas (manualmente e por uma tubulação secundária).</p> <p>d. Dois enxágues com água a temperatura ambiente.</p> <p>e. Sanitizante ácido peracético na concentração de 3% (v/v), antes do próximo ciclo de envase.</p>	<p>a. Pré- enxague com água a temperatura ambiente.</p> <p>b. Limpeza com detergente alcalino na concentração de 1% (v/v), circulando por 25 min.</p> <p>c. Drenar as válvulas manualmente.</p> <p>d. Dois enxágues com água à temperatura ambiente.</p> <p>e. Sanitizante ácido peracético na concentração de 3% (v/v), antes do próximo ciclo de envase.</p>

Fonte: As autoras (2024).

Essa modificação levou a uma melhoria expressiva, resultando em 100% de aprovação nos testes ATP bioluminescência subsequentes para validação da limpeza (Figura 5). Pommier, *et al.* (2020) discutem a importância de ajustar o tempo de contato do detergente de acordo com as necessidades específicas do processo de limpeza CIP, com o objetivo de melhorar a eficiência e a qualidade da limpeza na indústria de

bebidas, corroborando com os resultados satisfatórios das validações.

4 CONCLUSÃO

Este estudo, sobre as práticas de controle higiênico-sanitário nas linhas de envase de uma indústria de bebidas no Rio Grande do Sul, enfatiza a necessidade de adaptar e aprimorar continuamente os PPHO. A aplicação da bioluminescência de ATP provou ser um método eficaz para

avaliar a presença de contaminações orgânicas, facilitando a identificação das áreas onde os processos de limpeza necessitavam de melhorias.

Antes da revisão dos PPHO, os resultados obtidos sinalizam que algumas linhas de produção exibiam padrões de higiene insatisfatórios, especialmente aquelas dedicadas ao envase de vinhos, mostravam deficiências claras. A complexidade das bebidas envasadas, particularmente o alto conteúdo de açúcar e minerais nos vinhos, introduziu desafios adicionais na remoção de resíduos, exigindo uma seleção cuidadosa de detergentes e uma adaptação dos tempos de contato e concentrações.

A reavaliação e refinamento dos PPHO, incluindo ajustes no uso de detergentes e no tempo de procedimentos de limpeza, resultaram em uma melhoria notável na qualidade higiênica, comprovada pelos testes subsequentes de ATP que indicaram 100% de aprovação. Isso não apenas reforça a importância de uma manutenção rigorosa e adaptada das práticas de limpeza para garantir a segurança dos alimentos, mas também ressalta a necessidade de responder dinamicamente às especificidades das diferentes linhas de produção dentro da indústria de bebidas.

Portanto, este estudo destaca a importância de monitoramento contínuo,

avaliação rigorosa e adaptação flexível dos procedimentos de higiene para assegurar a qualidade dos produtos e a conformidade com as normas de qualidade, garantindo assim a segurança e o sucesso a longo prazo das operações de produção na indústria de bebidas. O compromisso com práticas de higiene é essencial para a confiança do consumidor e a integridade da marca no mercado competitivo de qualquer alimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA, Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação. (2023). **Relatório anual 2022**. Disponível em: www.abia.org.br. Acesso em: 10 mai. 2024.

FIERGS, Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul. (2023). **Panorama da indústria de bebidas no Rio Grande do Sul**. Disponível em: www.fiergs.org.br. Acesso em: 12 mai. 2024.

FURTULA, V.; SINKOVIC, S.; PODOLIC, T.; PAVIC, M.; KOMES, D.; DEKIC, S. (2020). Aplicação da bioluminescência de ATP para controle higiênico na indústria de alimentos. **Revista Higiene Alimentar**, 32(3), 214-221.

HELMEISTINE, A. M. (2024). Chemical composition and formation of mineral deposits in food processing equipment. **Journal of Food Engineering**, 256, 123-134.

HYGIENA. (2021). **Manual de operação do luminômetro Ensure Touch**. Disponível em: www.hygienea.com. Acesso em: 20 mar. 2024.

LIMA, R. C. (2015). **Avaliação da bioluminescência de ATP como ferramenta de monitoramento higiênico-sanitário em superfícies de indústrias alimentícias.** Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). (2015). **Instrução Normativa nº 65/2015:** Requisitos técnicos para o registro de bebidas.

MARTINEZ, J. A.; GARCIA, E. F. (2022). Técnicas de restauração de camada passivadora em tanques de aço inoxidável utilizados na indústria alimentícia. **Journal of Food Safety and Quality**, 15(4), 345-357.

MONTEIRO, P. C. (2021). Desafios e soluções para o controle de contaminação em indústrias alimentícias. **Revista Brasileira de Segurança Alimentar**, 10(1), 45-56.

POMMIER, M., Chalamet, Y., & Garcia, M. (2020). **Cleaning in Place: Challenges and Solutions for the Beverage Industry.** In *Advances in Beverage Technology* (pp. 91-108). Springer, Cham

SEDRIKS, A. J. (2020). Proteção da camada passivadora em aço inoxidável: Práticas recomendadas para a indústria. **Metalurgia e Materiais**, 25(3), 70-85

SHIMIT, R. K. (2021). Effective strategies for cleaning food processing equipment. **Food Technology Magazine**, 34(2), 67-78.

SMITH, J.; JONES, P. (2021). Assessing the limitations of traditional microbiological methods in food safety. **International Journal of Food Microbiology**, 150(2), 87-95.

SMITH, J.; BROWN, A. (2023). Mineral deposition and fouling in beverage processing equipment: Causes and

solutions. **Beverage Industry Journal**, 29(5), 112-123.

SVS/MS (Secretaria de Vigilância Sanitária/Ministério da Saúde). (1997). **Portaria SVS/MS nº 326/1997:** Regulamento Técnico sobre Condições Higiênico-Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação.

YOON, Y., e KIM, K. (2018). Use of ATP bioluminescence for monitoring the hygiene status of lettuce washing process. **Food Control**, 91, 325-329.