

ESTUDO DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE REFRIGERANTES E ALIMENTOS PRONTOS PARA CONSUMO APLICANDO ENXÁGUE COM ÁGUA OZONIZADA NA TROCA DE SABORES

Vanderson Luis Petter¹, Ismael Magagnin², Thais Müller³, Claudete Rempel⁴,
Mônica Jachetti Maciel⁵

Resumo: O objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade da produção de refrigerantes e de alimentos prontos para o consumo, aplicando enxágue com água ozonizada na troca de sabores. Assim, essa opção seria uma substituição ao CIP (*clean in place*) convencional, que consiste em enxágue com água potável (5 minutos), circulação da solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 85 °C (30 minutos), enxágue com água potável (10 minutos) e água ozonizada (5 minutos). Foi aplicado, entre a produção dos refrigerantes e dos alimentos prontos para o consumo ciclos de enxágues de 5, 10 e 15 minutos e analisado as amostras das águas do enxágue, por meio de parâmetros físico-químicos (ATP, pH e Sólidos solúveis totais), microbiológicos (bactérias totais, bolores e leveduras) e sensoriais (sabor, odor e cor) para verificar a eficiência dessa substituição. Percebeu-se diferença nos resultados das análises dos enxágues com água ozonizada para as bebidas sem suco em relação às com suco em sua composição. Sendo que o ciclo de enxágues de 10 minutos revelou índices de aprovação satisfatórios para as bebidas sem suco em sua composição. E com 15 minutos de enxágue com água ozonizada não foi o suficiente para eliminar o residual da bebida com suco em

-
- 1 Biólogo – Curso de Ciências Biológicas - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado- RS, Brasil
 - 2 Engenheiro de Alimentos - Curso de Engenharia de Alimentos - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado- RS, Brasil
 - 3 Mestra em Sistemas Ambientais Sustentáveis – Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado- RS, Brasil
 - 4 Doutora em Ecologia (URRGs), Professora dos Programas de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e em Sistemas Ambientais Sustentáveis - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado- RS, Brasil
 - 5 Doutora em Ciências Veterinárias (UFRGS), Professora dos Cursos de Ciência da Vida e de Medicina e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado- RS, Brasil

sua composição. Frente aos resultados, pode-se concluir que é possível fazer o uso do enxágue com água ozonizada em refrigerantes sem suco em sua composição, por 10 minutos de contato.

Palavras-chave: CIP com ozônio; remoção de resíduos; redução de CIP; CIP alternativo.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a legislação sobre bebidas é dividida em dois segmentos, que compreende as normas referentes aos derivados da uva e do vinho e as normas relativas às demais bebidas. Sendo as bebidas regidas pela Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, regulamentadas pelo Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Contudo, a Norma Operacional nº 1, de 24 de janeiro de 2019, consolida em documento único as normas brasileiras que tratam dos Padrões de Identidade e Qualidade – PIQs, denominações e parâmetros analíticos (BRASIL, 2021).

O refrigerante é definido como bebida gaseificada, resultante da dissolução, em água potável, de ingrediente vegetal (composto de frutas, de vegetal ou de extrato padronizado com um percentual mínimo exigido pela norma), adicionado de açúcar, sendo obrigatoriamente saturado de dióxido de carbono (BRASIL, 2021). Alimentos prontos para o consumo, são os alimentos preparados que não necessitam a adição de outros ingredientes, podendo ser constituído por composto de frutas e vitamina C (BRASIL, 2021).

Em 2019, o mercado mundial de bebidas carbonatadas foi avaliado em US \$ 406,89 bilhões, tendo previsão de crescimento a taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 5,1% de 2020 a 2027. Neste período, as Américas Central e do Sul detinham a maior parte do mercado, com cerca de 25%, tendo o Brasil como o maior consumidor. No entanto, o Oriente Médio e a África devem registrar o CAGR de maior crescimento de 6,8% de 2020 a 2027, devido a rápida urbanização e a expansão do mercado financeiro (GRAND VIEW RESEARCH, 2020).

Uma pesquisa realizada no ano de 2019 em todos os estados brasileiros mostrou que a capital gaúcha ocupa o topo do *ranking* de consumo de refrigerantes por adultos, seguida por São Paulo. Sendo que São Luís (Maranhão) é a capital com menor consumo (Brasil, 2020).

As indústrias de alimentos devem possuir controle de qualidade em todas as etapas de produção. Um dos sistemas utilizados, é o de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), indicando os prováveis riscos de contaminação em um processo qualquer e as ações de precaução das causas, garantindo a integridade do produto. No entanto, para poder implantar o programa APPCC, a organização deve ter estabelecido os programas de Procedimento Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e as Boas Práticas de Fabricação (BPF), que são pré-requisitos para a implantação deste sistema (MARTINS *et al.*, 2019).

A qualidade de um produto é dada pela segurança do alimento, pelo valor nutricional, pela conformidade com padrões de identidade e qualidade e pela percepção sensorial. Junto a essas características, pode ser acrescida por exigência ética, o respeito das indústrias com o meio ambiente. Os consumidores cada vez mais vem associando a qualidade dos produtos aos aspectos ecológicos e sociais envolvidos na produção de alimentos (LOPES *et al.*, 2011).

Sendo assim, os desafios dos profissionais da área da indústria alimentícia estão na busca do aperfeiçoamento dos processos e métodos utilizados para a diminuição dos desperdícios de produtos alimentícios, de energia, dos agentes de higienização e do cuidado com o meio ambiente (KUAYE *et al.*, 2017).

Uma das preocupações das indústrias de bebidas é o alto consumo de água. E por isso se desenvolveu a prática de contabilizar a “pegada de água” (*water footprint*), de produtos, indivíduos, países ou empresas. Esta prática é um indicador que contabiliza toda água utilizada direta ou indiretamente por um sistema de produção ou pelo consumidor. Contudo, medidas de redução de água e consequentemente a redução de geração de efluentes sempre são bem-vindas, trazendo benefícios econômicos e ambientais (LOPES *et al.*, 2011).

As sujidades apresentadas nas empresas de refrigerante são consideradas fáceis de remover, pois em sua maioria são formadas por carboidratos, que são solúveis em água, exceto quando caramelizados. No entanto, os agentes de higienização tanto os detergentes e sanitizantes devem ser adequados para o fim pretendido. Sendo essencial o enxágue das áreas e equipamentos após a sua higienização antes de voltarem a produção de alimentos. Salvo aos produtos que possuem instruções, cujo enxágue pode ser dispensado (KUAYE *et al.*, 2017).

Nas indústrias de alimentos é muito comum o uso de “limpeza no lugar,” ou “limpeza sem desmontar” (CIP – *cleaning in place*), sendo um sistema automático e fechado, que não possui a necessidade de desmontar o equipamento e dutos para sua limpeza. Neste método, a água e os agentes de higienização e sanitização circulam nas tubulações e nos equipamentos por um tempo, temperatura e a uma pressão até que o processo se complete. Utilizando no enxágue final indicadores para garantir a eliminação dos resíduos das soluções da limpeza (BERTOLINO, 2010)

Uma higienização completa e eficiente compreende duas etapas primordiais que se complementam. A primeira é a etapa de limpeza com o objetivo da remoção das sujidades de origem orgânica e mineral. A segunda, denominada de sanitização ou desinfecção, tem a finalidade de reduzir a contaminação microbiana em um nível seguro, não prejudicial à saúde. Esse processo ocasiona a remoção física de sujidades e a morte dos microrganismos contaminantes. Pode-se também fazer uso do ozônio como um agente de limpeza e de sanitização (KUAYE *et al.*, 2017).

Quando um método de limpeza for avaliado, deve-se escolher aquele que apresente a melhor relação custo-benefício, ou seja, uma limpeza eficiente e rápida, que mantenha os padrões de qualidade e com o menor custo (BERTOLINO, 2010). Frente ao exposto, este trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade da produção de refrigerantes e de alimentos prontos para o consumo, aplicando enxágue com água ozonizada na troca de sabores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do estudo

O estudo foi desenvolvido em uma empresa de bebidas localizada no estado do Rio Grande do Sul, que possui capacidade produtiva de 420 milhões de litros de bebida ao ano. O período de coleta de amostras e interpretação dos resultados envolveu os meses de maio a novembro de 2021.

2.2 Processos de higienização e enxágue

Atualmente é realizada a higienização no início da produção, entre as trocas de sabores e no final da produção dos refrigerantes e dos alimentos prontos para o consumo. O CIP usado consiste em aplicar a solução de hidróxido de sódio (NaOH) por 30 minutos a 85 °C, em seguida realiza-se o enxágue com água potável (10 minutos) e água ozonizada (5 minutos). Nas trocas de sabores e no final da produção ocorre o enxágue com água potável (5 minutos) antes de iniciar a higienização com NaOH, para eliminar parte dos resíduos do produto que estava sendo produzido anteriormente.

O procedimento sugerido, em substituição ao CIP convencional após a produção de refrigerantes ou alimentos prontos para o consumo, é o enxágue com água ozonizada por um tempo a ser definido pelo estudo de 5, 10 ou 15 minutos.

A água utilizada para a realização dos processos de higienização das linhas de produção possui uma concentração de ozônio de $0,08 \pm 0,02$ ppm. Sendo, o ozonizador utilizado na empresa o modelo da ProMinent OZVA, com uma produção nominal de 40 g/h de ozônio.

2.3 Amostragem

A água de lavagem do período de enxágue foi avaliada quanto aos parâmetros físico-químicos (ATP, pH e Sólidos solúveis totais), microbiológicos (bactérias totais, bolores e leveduras) e sensoriais (sabor, odor e cor) para a validação do enxágue com água ionizada.

Cada amostra de água coletada do teste de higienização, foi acondicionada em frasco de vidro estéril de 500 mL, com tiosulfato de sódio (10%) para neutralizar o ozônio para a realização das análises microbiológicas e

em becker de 350 mL para a realização das análises sensoriais e físico-químicas (CAVALCANTE *et al.*, 2014).

Os parâmetros, que indicaram a qualidade e eficiência da higienização com água ozonizada foram efetuados em três ciclos de enxágue. O primeiro ciclo de enxágue com água ozonizada após a produção de refrigerante ou produto pronto para o consumo correspondeu um período de 5 minutos com 10 amostragens, o segundo ciclo durou 10 min com 11 amostragens e o último ciclo durou 15 minutos com 10 amostragens.

No Quadro 1 estão as bebidas que foram produzidas antes da realização do CIP alternativo (água ozonizada). Informando a classificação da bebida quanto a ser refrigerante ou alimento pronto para o consumo e se apresenta suco ou não em sua composição.

Quadro 1. Classificação da bebida quanto a refrigerantes ou alimento pronto para o consumo, informando a presença ou não de suco em sua composição

Refrigerante ou alimento pronto para consumo	Presença ou não de suco em sua composição
Refrigerante sabor laranja	sim
Refrigerante sabor citrus	sim
Refrigerante sabor de uva	sim
Refrigerante sabor limão	sim
Alimento pronto para o consumo sabor frutas cítricas	sim
Alimento pronto para o consumo sabor uva	sim
Alimento pronto para o consumo sabor frutas vermelho	sim
Refrigerante sabor de guaraná	não
Refrigerante sabor de guaraná zero	não
Refrigerante sabor de cola	não
Refrigerante sabor de cola zero	não

Fonte: autores (2022).

2.4 Análises físico-químicas

2.4.1 Análise de ATP

Para medir o ATP da amostra do enxágue com água ozonizada, foi seguido o procedimento da BioControl (2018). Sendo, a análise realizada no momento da coleta da amostra, com a água que estava sendo purgada por bicos acoplados na máquina higienizada, utilizando o equipamento (MVP ICON) da BioControl Systems.

O aparelho de ATP foi configurado para obter os valores em zonas de limpeza. Sendo, valores < 2,5 considerado bons, valores entre 2,5 a 2,9, significa um aviso de alerta (indicando que a amostra não está adequadamente limpa) e valores ≥ 3 são consideradas falhas, ou seja, que a amostra é considerada suja e deve ser limpa e testada novamente) (BIOCONTROL, 2018).

2.4.2 Análise de pH

Realizou-se a medição do pH, com o pHmetro de bancada (DM 22 Digimed). Sendo considerado o pH de 6,5 a 7,5 o padrão da água de processo utilizado na etapa de higienização (IAL, 2008).

2.4.3 Análise de Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

A quantidade de sólidos solúveis totais (expressos em °Brix) do enxágue com água ozonizada foi medido em refratômetro automático de bancada (RX-5000 alpha – ATAGO), seguindo as orientações de IAL (2008). Segundo os dados fornecidos pela empresa, os valores de sólidos solúveis totais (°Brix) encontrados na água de processo utilizada para o estudo podem variar de 0,00 a 0,03.

2.5 Análises Microbiológicas

Para a realização das análises microbiológicas das amostras de enxágue com água ozonizada, foi empregado o método de filtração por membrana, seguindo a metodologia descrita por Silva *et al.* (2017). O meio de cultura utilizado para a contagem de bactérias totais foi o ágar padrão (PCA, Merck), incubado a 36 ± 1 °C, por 48h. Para a contagem de bolores e leveduras foi utilizado o ágar batata dextrose (BDA, Merck) incubado a 26 ± 1 °C por 5 dias. As colônias foram contadas com auxílio de um contador de colônias e os resultados expressos em Unidades Formadoras de Colônias por 100 mL da água filtrada (UFC/ 100 mL).

O padrão interno da empresa (FO06.LMB – Enxágue CIP) referente às análises microbiológicas do enxágue é de, no máximo, 500 UFC/100 mL para bactérias totais (BT) e, no máximo, 20 UFC/100 mL para bolores (BOL) e leveduras (LEV). Conforme ICMSF (2015), os valores encontrados normalmente de leveduras em amostras de enxágue pós sanitização da produção de bebidas sensíveis (sem adição de conservantes) são <15 UFC/100 mL e para bebidas de cola <100 UFC/mL e a recomendação é que não seja maior que 10^2 UFC/mL para bactérias totais. Em virtude das variações de produtos e processos, cada empresa aplica sua metodologia, como a sensibilidade do produto a deterioração e o histórico de problemas de deterioração (ICMSF, 2015).

2.6 Análises Sensoriais

Frente as amostras de enxágue os laboratoristas do setor de qualidade avaliaram o sabor, o odor e a cor nos três ciclos de enxágue (5 minutos, 10 minutos e 15 minutos). As amostras devem estar isentas de sabor, de odor e de cor.

2.7 Análise dos dados – Índice de aprovação (Ia)

O índice de aprovação (%) foi calculado frente a cada um dos parâmetros analisados. Cada parâmetro avaliado possui o mesmo peso e foi calculado de acordo com o seguinte cálculo:

$$Ia = (100/Pbt) * Pa$$

Ia = (100/Pt) * Pa, sendo que,

Ia = Índice de aprovação (%)

Pbt = Total de bebidas avaliadas frente aos parâmetros (refrigerante ou alimento pronto para consumo (Tabela 1).

Pt = Total de parâmetros avaliados (ATP, sólidos solúveis totais, pH, microbiológicos – bolores, leveduras e bactérias totais e sensorial – sabor, odor e cor).

Pa = Parâmetros aprovados (os valores aprovados são as análises que estiveram dentro do padrão estabelecido para a água utilizada no CIP alternativo). Sendo os parâmetros aprovados os que atingirem o índice de aprovação de 100%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas em cada ciclo de enxágue

Os resultados das análises realizadas referentes ao ciclo de enxágue com água ozonizada por 5, 10 e 15 minutos após a produção de refrigerante ou produto pronto para o consumo, com suco e sem suco em sua composição estão representados no Quadro 2.

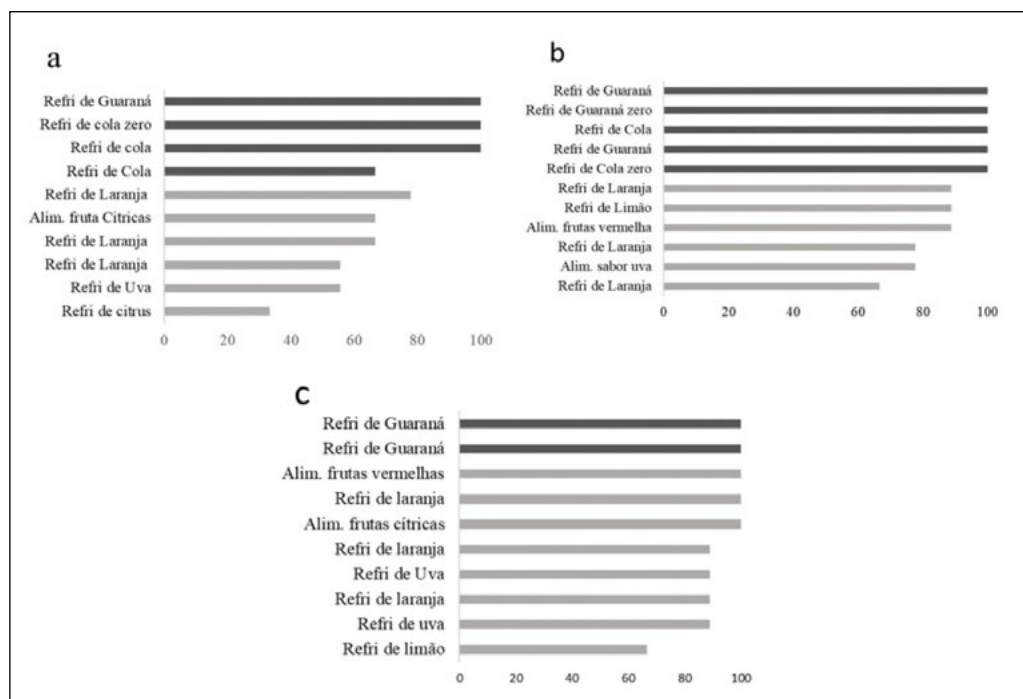
Quadro 2- Resultados das análises do ciclo de enxágue com água ozonizada (CIP alternativo) por 5, 10 e 15 minutos após a produção de refrigerante ou produto pronto para o consumo com e sem suco em sua composição

CICLO DE 5 MINUTOS										
Bebidas produzidas anteriormente ao CIP alternativo	pH	°Brix	Sabor	Odor	Cor	ATP	BT	BOL	LEV	Índice de aprovação %
Refri de uva	6,60	0,02	Pres.	Pres.	Pres.	3,1	50	13	0	55,5
Refri de laranja	6,53	0,03	Pres.	Aus.	Pres.	3,9	21	0	0	66,6
Refri de laranja	6,68	0,02	Pres.	Aus.	Aus.	2,9	0	1	0	77,7
Refri de cola	6,83	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,7	197	10	5	100
Refri de cola zero	6,79	0,01	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	116	17	18	100
Refri de citrus	6,17	0,07	Pres.	Pres.	Pres.	3,5	34	0	0	33,3
Refri de cola	6,57	0,04	Pres.	Aus.	Pres.	1,3	18	1	0	66,6
Refri de guaraná	6,89	0,01	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	150	2	0	100
Alimento Frutas cítricas	6,74	0,02	Pres.	Aus.	Pres.	3,4	50	0	0	66,6
Refri de laranja	6,55	0,03	Pres.	Pres.	Pres.	4,1	150	5	0	55,5
Índice de aprovação %	90	80	30	70	40	40	100	100	100	72,2
CICLO DE 10 MINUTOS										
Refri de laranja	4,62	0,01	Pres.	Aus.	Aus.	3,4	0	1	0	66,6
Refri de guaraná	6,92	0	Aus.	Aus.	Aus.	2,3	0	3	2	100
Alimento sabor uva	6,95	0,02	Pres.	Aus.	Pres.	1,3	8	0	0	77,7
Alimento frutas vermelhas	6,86	0	Pres.	Aus.	Aus.	1,3	0	0	0	88,8
Refri de cola	6,91	0	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	0	2	0	100
Refri de cola zero	7,11	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	0	2	0	100
Refri de guaraná zero	6,81	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	0	0	0	100
Refri de guaraná	6,74	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	0	0	0	100
Refri de limão	6,80	0,01	Aus.	Aus.	Aus.	2,5	1	0	0	88,8
Refri de laranja	5,58	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	2,9	0	0	0	77,7
Refri de laranja	6,40	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	3	0	0	0	88,8
Índice de aprovação %	81,8	100	72,7	100	90,9	63,6	100	100	100	89,9
CICLO DE 15 MINUTOS										
Refri de guaraná	6,68	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	0	0	0	100
Refri de guaraná	6,80	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	4	2	0	100
Refri de uva	5,42	0	Aus.	Aus.	Aus.	1,5	0	0	0	88,9
Refri de laranja	6,96	0	Aus.	Aus.	Aus.	2,9	1	0	0	88,9
Refri de limão	5,82	0,02	Pres.	Aus.	Aus.	2,9	0	0	0	66,7
Alimento frutas cítricas	7,01	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	1,5	10	15	5	100
Refri de laranja	7,05	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	2,3	0	0	0	100
Refri de uva	7,65	0,01	Aus.	Pres.	Aus.	2,1	0	0	0	88,9
Alimento frutas vermelhas	7,37	0	Aus.	Aus.	Aus.	1,3	0	0	0	100
Refri de laranja	7,13	0,02	Aus.	Aus.	Aus.	2,7	0	1	0	88,9
Índice de aprovação %	80	100	90	90	100	70	100	100	100	92,2

Fonte: autores (2022).°Brix: Sólidos solúveis totais; ATP: Zonas de limpeza (URL); BT: bactérias totais em UFC/100 mL; BOL: bolores em UFC/100 mL; LEV: leveduras em UFC/100 mL

Pode-se perceber diferença nos índices de aprovação, no qual 75% das bebidas sem suco em sua composição apresentam resultado satisfatório, chegando a índices de 100% para refrigerante de cola, refrigerante de cola zero e refrigerante de guaraná (Figura 1a).

Figura 1 - Índice de aprovação do ciclo de enxágue com água ozonizada por 5, 10 e 15 minutos após produção de bebidas para cada tipo de bebida testada, com suco e sem suco em sua composição



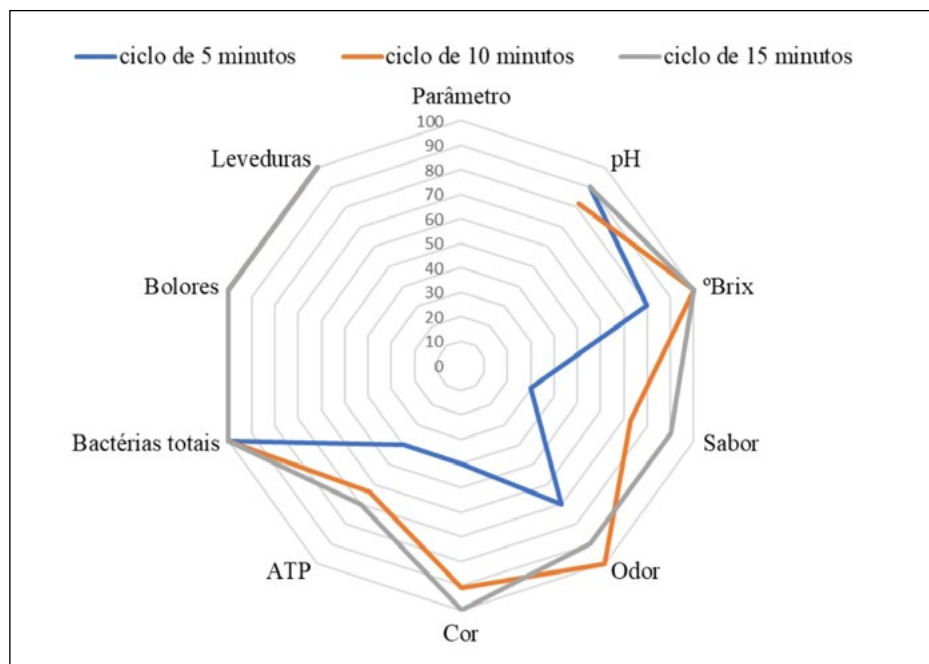
(a) Índice de aprovação do ciclo de enxágue com água ozonizada por 5 minutos após produção de bebidas para cada tipo de bebida testada, com suco e sem suco em sua composição; (b) Índice de aprovação do ciclo de enxágue com água ozonizada por 10 minutos após produção de bebidas para cada tipo de bebida testada, com suco e sem suco em sua composição; (c) Índice de aprovação do ciclo de enxágue com água ozonizada por 15 minutos após produção de bebidas para cada tipo de bebida testada, com suco e sem suco em sua composição. Cinza escuro: bebidas sem suco em sua composição; Cinza claro: bebidas com suco em sua composição.

Uma das amostras de refrigerante de cola apresentou menor índice de aprovação, sendo este de 66,6%. Porém, para as bebidas com suco em sua composição, nenhuma amostra obteve aprovação, com índices que variaram de 33,3% a 66,6% (Quadro 2). A menor eficiência de enxágue com água ozonizada para bebida com suco em sua composição, evidencia que a presença do suco em sua composição, seja o maior dificultador na remoção dos resíduos da bebida pelo arraste da água ozonizada no processo de higienização.

No entanto, pode-se observar três resultados satisfatórios de quatro análises de enxágue com água ozonizada após a produção de refrigerantes sem suco em sua composição (Quadro 2 e Figura 1a), destacando os enxágues após a produção de refrigerante de cola, o qual apresentou um resultado aprovado por todos os parâmetros e na outra amostra de sabor cola reprovado pela análise de °Brix, sabor e presença de cor. Isso indica que existe uma variação no processo de enxágue, necessitando de um tempo maior para cobrir esta variável. Esta variação de resultados pode estar atribuída aos diferentes operadores na realização do processo de higienização. Essa possibilidade foi repassada aos setores responsáveis para a realização de treinamento conforme o procedimento padrão da empresa.

Em relação ao índice geral de aprovação dos parâmetros, pode-se observar que aos parâmetros microbiológicos (bactéria total, bolores e leveduras) atingiram 100% no índice de aprovação (Quadro 2; Figura 2). Isso pode ter sido causado pela utilização do ozônio, como provado no trabalho de Cavalcante *et al.* (2014), que demonstraram a inativação de *Escherichia coli* O157:H7 e *Bacillus subtilis*, pelo contato com água ozonizada (0,6 mg/L) por apenas 1 minuto. No entanto, neste trabalho utilizou-se uma concentração ainda menor de ozônio, sendo esta de apenas 0,08 mg/L.

Figura 2 - Índice geral de aprovação dos parâmetros do ciclo de enxágues com água ozonizada por 5, 10 e 15 minutos após produção de bebidas com suco e sem suco em sua composição



Fonte: Autores (2022). ATP: Zonas de limpeza (URL); °Brix: Sólidos solúveis totais

Nos ciclos de enxágue de 10 minutos é possível constatar que todas as bebidas que não apresentam suco em sua composição tiveram índice de 100% de aprovação (Quadro 2; Figura 1b). Diferentemente das bebidas com suco em sua composição, que não atingiram o índice de aprovação (100%). Estes resultados demonstram que as bebidas produzidas com suco, devem ter um tempo maior de enxágue com água ozonizada, do que as bebidas sem suco em sua composição.

O parâmetro analisado que se destacou no ciclo de enxágue com água ozonizada por 10 minutos (Quadro 2; Figura 2) foi o de ATP (63,6%), revelando ser um parâmetro essencial para aprovação dos enxágues do estudo. No primeiro ciclo de análise do enxágue com água ozonizada de 5 minutos (Quadro 2), após a produção de bebidas com suco em sua composição, não foram obtidos valores de ATP abaixo da zona de limpeza alerta ($< 2,5$). Isso indica que a limpeza não foi totalmente eficiente, conforme item 3.3.1 (Análise de ATP) (BioControl, 2018). Já no ciclo de enxágue com água ozonizada por 10 minutos (Quadro 2 e Figura 2), os índices de aprovação foram satisfatórios (100%) para o alimento pronto para o consumo, nas duas amostras analisadas. No entanto, todas as amostras referentes a refrigerantes com suco em sua composição, não obtiveram valores de ATP abaixo da zona de limpeza alerta ($< 2,5$), demonstrando que as bebidas com suco em sua composição possuem maior quantidade de matéria orgânica, da qual o trifosfato de adenosina (ATP) reage com a luciferase produzindo unidades relativas de luz (URL) (CRAMER, 2013).

Nos ciclo de enxágues com água ozonizada por 15 minutos após a produção de bebidas, com suco e sem suco em sua composição (Quadro 2, Figura 2), foram obtidos os primeiros resultados de análises de ATP com valores abaixo da zona de alerta ($< 2,5$), para amostras de refrigerantes com suco em sua composição, e nenhum valor acima da zona de limpeza considerado falha (≥ 3) conforme item 2.4.1 (BIOCONTROL, 2018) (Figura 1c). No entanto, isso não é considerado suficiente para atingir o índice de aprovação (100%), demonstrando necessidade de um tempo maior de enxágue com água ozonizada.

O parâmetro de análise que apresentou a menor eficiência para indicar a presença de residuais das bebidas, após o ciclo de enxágue com água ozonizada, foi o de °Brix, que apresentou valores fora do padrão apenas no ciclo de 5 minutos de enxágue (Quadro 2 e Figura 2). Como a água utilizada no processo de higienização possui uma variação de °Brix (0 a 0,03) conforme item 2.4.3, estes valores comprometem a detecção da presença de níveis de residuais menores na amostra analisada. Os três parâmetros mais eficientes nas análises do enxágue com água ozonizada após a produção de bebidas com e sem a presença de suco em sua composição, para a detecção de residuais de bebida foram pH, sensorial (sabor) e ATP.

Diante dos resultados apresentados, com exceção do ciclo de 5 minutos, os ciclos de enxágue com água ozonizada demonstraram um o índice de aprovação de 100% para as bebidas sem suco em sua composição (Quadro 2;

Figura 1). No entanto, para a produção de bebidas com suco em sua composição, mesmo os ciclos de 15 minutos de enxágue não foram suficientes para se ter um índice de aprovação de 100% nos parâmetros analisados (Figura 1; Figura 2).

Dentre os parâmetros analisados, os que apresentaram índices satisfatórios em todas as análises e nos três ciclos testados, foram os microbiológicos (bactérias totais, bolores e leveduras). Ao comparar os resultados dos três ciclos de enxágue com água ozonizada, o ciclo de 5 minutos (Quadro 2), apresentou níveis microbiológicos dentro do padrão, com contagem de bactérias totais até 197 UFC/100 mL. Porém, a partir do ciclo de enxágue de 10 min, pode-se perceber resultados com carga microbiana ainda menor, com contagem total de bactérias de até 10 UFC/100 mL. Essa redução microbiana é também observável em relação aos fungos (bolores e leveduras). A quantidade máxima obtida, nos ciclos de enxágue de 5 minutos, foram de até 18 UFC/100mL, para leveduras e de até 5 UFC/100mL, para bolores. Nos ciclos de 10 minutos, as quantidades obtidas foram de até 2 UFC/100 mL, para leveduras e de até 3 UFC/100 mL, para bolores. Já, nos ciclos de 15 minutos, as quantidades encontradas foram de até 5 UFC/100 mL, para leveduras e de até 15 UFC/100 mL, para bolores (Quadro 2). Porém, a quantidade de 15 UFC/100mL foi encontrada em apenas uma amostra, sendo que nas demais as quantidades variaram de zero a até 2 UFC/100 mL. Esse fato pode ser influenciado pelo maior tempo de ação do ozônio, pois segundo Kuaye *et al.* (2017), doses de 0,05 a 2 mg/L de O₃, apresentam maior eficiência contra bactérias gram-negativas e gram-positivas em seu estudo.

Alguns estudos indicam o uso de ozônio como uma alternativa para eliminar parte de compostos da bebida em processos de higienização, como demonstrado na pesquisa de Nishijima *et al.* (2014). Os autores procuraram estabelecer um CIP ecológico para remover o traço do composto odorífero adsorvido em juntas de borracha d-limoneno (componente odorífero do suco de laranja). Foi estudada a aplicação de um método de limpeza com ozônio e comparado com uma série de processos de limpeza convencionais, incluindo alternativas alcalinas e limpeza ácida. O tratamento com ozônio apresentou melhor capacidade de remoção do d-limoneno de juntas de borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM) e de silicone. Porém, as concentrações de uso 2,0 mg/L de ozônio e o tempo de 60 minutos foram bem maiores dos utilizados neste trabalho (0,08 ± 0,02 ppm; tempo 5, 10 e 15 minutos), podendo ser uma das alternativas para um futuro estudo, o aumento da concentração do ozônio.

Não foram encontrados trabalhos com aplicação de ozônio, como forma alternativa de higienização em linhas de processo de fabricação em empresas de refrigerantes e alimentos prontos para o consumo. No entanto, no trabalho de Englezos *et al.*, (2019), os resultados do estudo em uma fábrica de produção de vinho, demonstram que higienizar a máquina de enchimento com ácido peracético ou ozônio (na forma aquosa 3,5 mg / L por 15 e 30 min de tempo de contato e gasosa 30 µL / L por 30 e 60 min de tempo de contato) reduzem

de forma significativa as contagens de leveduras e bactérias, em comparação com os tratamentos de controle de água da torneira estéril. Além disso, os resultados demonstraram que o ozônio gasoso e aquoso em dose baixa é eficaz na redução do número de microrganismos utilizados na pesquisa. No entanto, as concentrações de uso e o tempo de contato do ozônio foram bem maiores do que este.

No trabalho de Weber (2018) utilizou-se água ozonizada para higienizar um sistema de ordenha canalizada na produção leiteira, em substituição ao CIP convencional. A concentração de ozônio residual era de $0,049 \pm 0,001$ ppm com 15 minutos de contato. No caso, a higienização era efetuada pelo método convencional, utilizando uma solução de detergente desengordurante alcalino clorado com 4% de cloro ativo. Com o uso do ozônio conseguiram apresentar um ganho na qualidade do produto, redução de custos com energia, água e agentes de limpeza. O trabalho de Weber (2018), apresentou características semelhantes como o estudo proposto e perante estes estudos pode-se afirmar que ozônio foi fundamental no processo de enxágue, tendo ganhos em frente a utilização de somente água tratada.

A substituição do método convencional de higienização pelo método alternativo, como demonstrado nos resultados das análises microbiológicas e físico-químicas, não comprometeram a qualidade da higienização. Contudo, a limpeza convencional continua ocorrendo no início e no fim da produção semanal. Em momentos de produção contínua se tem validado a produção sem a necessidade de realizar o CIP em um período de até sete dias. O tempo de produção contínua podendo ser avaliado em trabalhos futuros, como no estudo de Andrade e Silva (2018), que descreveram sobre a diminuição da frequência do CIP na linha de produção, em uma fábrica de refrigerantes em Curitiba-PR. Os autores conseguiram validar a frequência de 20 dias de produção contínua, para 27 dias sem a necessidade de realizar CIP, por não apresentar crescimento microbiano significativo no período.

Conforme o trabalho de Chaves (2013), o procedimento de higienização não é uma determinação estática, podendo ser mudado desde que devidamente validado. Em seu estudo em uma empresa de refrigerantes no Rio Grande do Sul, comenta que o procedimento de higienização na troca de sabores de bebidas é efetuada somente enxágue com água potável por 20 minutos, para em seguida poder iniciar a produção de refrigerante de guaraná ou de cola (refrigerante sem suco em sua composição). Não efetuam este procedimento para produção de refrigerantes com suco em sua composição, indiferentemente se a produção anterior era uma bebida sem suco. Para este procedem com um CIP alcalino, passando uma solução de NaOH com concentração entre 1,5 a 2% com posterior enxágue com água fria e após água quente por 20 minutos. No entanto, conforme os resultados apresentados nos ciclos de enxágue com água ozonizada por 10 minutos. após a produção de refrigerantes sem suco em sua

composição, pode-se validar este procedimento de limpeza e produzir bebidas com suco ou sem suco em sua composição na troca de sabores.

3.2 Estimativa dos benefícios mensais do uso do enxágue com água ozonizada

O enxágue com água ozonizada por 10 minutos após a produção de bebidas sem sucos, em substituição ao CIP convencional representa benefício, com redução de cerca de 30.000 litros de água, poupando R\$ 300 no seu tratamento, da qual o m³ custa R\$ 1,50 para tratar o afluente e R\$ 8,50 o m³ para tratar o efluente; 96 litros de hidróxido de sódio (NaOH), tendo o custo de R\$ 1,50 o litro; ganho em tempo de 3,5 horas de produção, representando em torno de R\$ 3.000,00.

Os ganhos estimados com o modo alternativo de higienização entre as trocas de sabor de bebidas, ao ano pode chegar a R\$ 39.600 e 360.000 litros de água. O meio ambiente tem benefícios com a menor quantidade de água retirado do lençol freático, menor uso de agentes de limpeza, menos lenha usado na caldeira para geração de vapor, utilizado para aquecer o hidróxido de sódio (NaOH) no processo de higienização e menor consumo de energia elétrica.

4 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, pode-se concluir que a viabilidade de produção de refrigerantes e alimentos prontos para o consumo na troca de sabores, aplicando enxágue com água ozonizada, não pode ser realizada em todos os tipos e sabores de bebidas produzidos na empresa, ficando sugerido o procedimento apenas para as bebidas que não possuem suco em sua composição, por um período de enxague de 10 minutos com água ozonizada, período mínimo, das alternativas apresentadas, para se obter uma eficiência do processo de limpeza, com índices de 100%.

Apesar de não ser aprovada a aplicação do procedimento de limpeza alternativa para após a produção de bebidas com suco em sua composição, por não ter atingido um índice de aprovação satisfatório, obteve-se avanços significativos na diminuição de consumo de água, agentes de limpeza, de energia e ganho de tempo de produção.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D.; SILVA, M. A. B. Avaliação da Durabilidade do Processo de *Cleaning In Place* (CIP) em uma Fábrica de Refrigerantes em Curitiba-PR. **Revista Eletrônica Biociências, Biotecnologia e Saúde**, Curitiba, v. 7, n. 16, p. 31-37, 2018. Quadrimestral. Disponível em: <https://interin.utp.br/index.php/GR1/article/view/1585>. Acesso em: 19 jul. 2022.

BERTOLINO, M. T. **Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia: ênfase na segurança dos alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2010. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/>. Acesso em: 23 jul. 2022.

BIOCONTROL. **MVP ICON User Guide**. 2018. 89 p. Disponível em: pdf. Acesso em: 10 de maio 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Bebidas**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/bebidas>. Acesso em: 12 set. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005**. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_273_2005_.pdf/52e831a6-ba44-4e2e-8655-5bcdb80ed0bd. Acesso em: 17 set. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. (org.). **Vigitel Brasil 2019: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico**: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no distrito federal em 2019. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. 137 p. Disponível em: <https://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2020/Abril/27/vigitel-brasil-2019-vigilancia-fatores-risco.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CAVALCANTE, D. A. *et al.* Inativação de *Escherichia coli* O157:H7 E *Bacillus subtilis* Por Água Ozonizada. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 32, n. 1, 2014. ISSN 19839774. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/36931>. Acesso em: 10 out. 2022.

CHAVES, C. F. L. **Estudo da relação existente entre o volume de efluente gerado e a garantia da segurança alimentar do produto final na indústria de refrigerantes**. 2013. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/85649>. Acesso em: 17 ago. 2021.

COCOLIN, L. *et al.* Minimizing the environmental impact of cleaning in winemaking industry by using ozone for cleaning-in-place (CIP) of wine bottling machine. **Journal Of Cleaner Production**, Itália, v. 233, p. 582-589, 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.097>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619320554?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jun. 2022.

CRAMER, M. M. **Food Plant Sanitation: Design, maintenance, and good manufacturing practices**. 2. ed. New York: Crc Press, 2013. 306 p.

GRAND VIEW RESEARCH. **Carbonated Beverages Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Soft Drinks, Sports & Energy Drinks), By Flavor (Cola, Fruit Based), By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2020 - 2027**. 2020. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/carbonated-beverages-market>. Acesso em: 17 ago. 2021.

Instituto Adolfo Lutz – IAL .010/IV Índice de refração. *In: IAL Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos – 4ª Edição. 1ª Edição Digital. São Paulo: IAL, 2008. p. 94 – 97. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 26 set. 2022.*

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. 201/IV Determinação do pH. *In: IAL Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos – 4ª Edição 1ª Edição Digital. São Paulo: IAL, 2008. p. 380 – 382. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 26 set. 2022.*

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF). **Microrganismos em Alimentos 8: utilização de dados para avaliação do controle de processo e aceitação do produto.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2015. 522 p. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/177907/pdf/0>. Acesso em: 15 jun. 2022.

KUAYE, A. Y. *et al.* **Limpeza e Sanitização na indústria de alimentos.** Rio de Janeiro: Atheneu, 2017. 324 p. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/168094>. Acesso em: 22 jul. 2022.

LOPES, A. S. *et al.* **Indústrias de Bebidas: Inovação, gestão e produção.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2011. 537 p. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/>. Acesso em: 14 jul. 2022.

NISHIJIMA, W. *et al.* A green procedure using ozone for Cleaning-in-Place in the beverage industry. **Chemosphere**, v. 105, p. 106-111, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.01.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004565351400085X?via%3Dihub>. Acesso em: 21 jul. 2022.

MARTINS, A. A. B. *et al.* The Hazard Analysis System and Critical Control Points as a Quality Tool in Brazilian Food Industry. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Uberlândia, v. 13, n. 2, p.179-190, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20190013>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** 5 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521212263/>. Acesso em: 20 set. 2022.

WEBER, B. **Avaliação da utilização de água ozonizada no processo de desinfecção de um sistema de ordenha.** 2018. Artigo (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 10 jul. 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/2230>. Acesso em: 02 set. 2022.