

## **Avaliação da Durabilidade do Processo de Cleaning In Place (CIP) em uma Fábrica de Refrigerantes em Curitiba-PR**

*Dinizete de Andrade<sup>1</sup>; Michelli Aparecida Bertolazo da Silva<sup>2</sup>*

### **Resumo**

O Cleaning in place (CIP) é um processo de limpeza utilizado na indústria química e de alimentos, que consiste na circulação e recirculação automática de detergentes e soluções de enxágue para atingir a sanitização das linhas produtivas, o que pode influenciar diretamente na qualidade e segurança dos produtos, permitindo a remoção eficaz de resíduos químicos, orgânicos ou microbiológicos. Na indústria de refrigerantes, o sistema CIP é um método usado para a limpeza das máquinas de envase e equipamentos de processamento, tais como tubos sanitários, tanques, tanques assépticos e trocadores de calor. Tal processo demanda a necessidade de linhas de produção paradas por longos períodos de tempo, bem como utilização de grandes quantidades de produtos químicos. Considerando a importância da diminuição destes gastos nas refrigeranteiras, bem como o fato de existirem poucos estudos sobre o tema, este trabalho teve como objetivo avaliar o método CIP em uma fábrica de refrigerantes situada em Curitiba-PR, realizando-se um levantamento dos pontos da linha de produção onde o CIP não é realizado e avaliação da durabilidade do CIP, na tentativa de reduzir sua frequência, diminuindo assim os gastos com produtos químicos bem como os impactos causados ao meio ambiente. Para tanto, foram realizadas análises microbiológicas a fim de detectar presença de bactérias heterotróficas, coliformes totais e coliformes termotolerantes em amostras coletadas em diferentes pontos da linha produtiva. Os resultados obtidos demonstraram desenvolvimento não significativo de microrganismos até 27 dias de análise, sugerindo que a frequência do CIP poderia ser reduzida consideravelmente e assim diminuir os custos com o processo.

*Palavras-chave:* CIP (Cleaning in place). Limpeza de tubulações. Remoção de resíduos. Refrigerante.

### **Introdução**

O refrigerante é um tipo de bebida, normalmente adicionado de altas quantidades de corantes e conservantes, com aromas sintéticos e gás carbônico, o qual lhe atribui aspecto borbulhante, se apresentando com elevados teores de açúcar (exceto nas suas versões light ou diet). O Brasil é o 3º maior produtor de refrigerante do mundo com 12 bilhões de litros, depois dos Estados Unidos com 49 bilhões de litros e México com 14 bilhões de litros (BERTO, 2001). O brasileiro consome em média 65 litros de refrigerantes ao ano, o que o coloca em 17º lugar no ranking mundial de consumo per capita. Mesmo com a grande produtividade e consumo, este mercado impõe constantes mudanças estratégicas às organizações. É necessário, portanto, que as empresas sejam mais eficazes, competitivas e, sobretudo, lucrativas (ABIR, 2007; ABIR, 2010).

A indústria de refrigerantes no Brasil se desenvolveu num mercado de população jovem, com hábitos alimentares receptivos a novidades, com comportamento de consumo direto e imediatista. Contudo, apesar dos grandes investimentos do setor para aumentar a capacidade produtiva, problemas básicos de contaminações de água e gastos com sistemas de limpeza ainda assombram e impactam na eficiência produtiva desses bens perecíveis (COSTA 2014).

<sup>1</sup> Bacharel do Curso de Biotecnologia da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba, PR).

<sup>2</sup> Mestre em Ciências Farmacêuticas, Professora da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba, PR)

A metodologia de limpeza de tubulações se faz muito importante na indústria de alimentos, uma vez que garante a segurança do consumo de produtos quando executado de forma que permita a remoção eficaz de resíduos químicos, orgânicos ou microbiológicos dos equipamentos e/ou linhas de processo. Além disso, uma limpeza deficiente das linhas produtivas pode predispor alterações físicas e químicas que podem comprometer a qualidade dos produtos. Sendo assim, no processamento de alimentos líquidos, a limpeza é considerada um pré-requisito (SMIT, 2003).

Em sistemas de tubulação, emprega-se comumente um processo conhecido por Cleaning In Place (CIP), no qual uma série de soluções ácidas ou alcalinas de limpeza e soluções de enxágue circulam pela tubulação em temperaturas, tempos de contato e velocidade de fluxos controlados, visando à remoção de resíduos orgânicos e inorgânicos e microrganismos contaminantes (ANDRADE *et al.*, 2008).

Atualmente, com o intuito de garantir uma boa limpeza e reduzir os perigos de contaminação microbiológica em muitos processos produtivos, empregam-se elevadas concentrações de soluções de limpeza, longos tempos de recirculação e enxágue, altas temperaturas e forças mecânicas inadequadas, aumentando o consumo de água, energia, tempo e agentes químicos, produzindo adicionalmente grandes volumes de poluentes. Sendo assim, o CIP é potencialmente o maior contribuinte dos custos variáveis no processo produtivo, além de que os depósitos minerais nos equipamentos reduzem a eficiência destes, prejudicando o desempenho produtivo (WALSTRA *et al.*, 1999; BRIGGS *et al.*, 2004). Por esse motivo, a otimização do processo de limpeza das linhas produtivas tem grande relevância para o aspecto ambiental. Existem fatores tecnológicos no processo CIP que permitem reduzir a quantidade de água e compostos químicos utilizados, poupando energia, custos e recursos naturais sem deixar de garantir a qualidade e segurança dos produtos (CLARK, 2009; JUDE e LAMAIRE, 2013).

Considerando a importância da diminuição destes processos nas refrigeranteiras, bem como o fato de existirem poucos estudos sobre o tema, este trabalho teve como objetivo avaliar a durabilidade do processo de CIP na linha de água em uma fábrica de refrigerantes situada em Curitiba-PR, na tentativa de reduzir sua frequência, no processo de sanitização e diminuindo assim os gastos com produtos químicos e água, bem como os impactos ao meio ambiente, além de disponibilizar maior tempo ativo na linha produtiva.

## **Desenvolvimento**

A inspeção visual foi realizada em todas as tubulações de água de processo da fábrica, buscando encontrar possíveis pontos mortos ou pontos de contaminação. Após a resolução destes pontos, o estudo foi iniciado, realizando-se um CIP misto (hidróxido de sódio 1,5% a 2,0% por 30 min, ácido nítrico 0,15% a 0,25% por 30 min e ácido peracético de 0,15% a 0,25% por 20 min com enxágue de água fria entre eles) com acompanhamento diário do desenvolvimento bacteriano através de análises microbiológicas. Para tal, foram coletadas amostras de 500 ml em garrafas de vidro

estéreis em pontos do processo produtivo determinados pela empresa. A frequência padronizada pela empresa para aplicação deste CIP é de vinte dias. Assim, as análises microbiológicas foram realizadas até verificação de um resultado de presença de bactérias ou coliformes na água que estivesse acima do valor padronizado pela empresa que é 100 UFC.

## *Coleta*

As amostras foram coletadas seguindo procedimentos padronizados pela própria empresa, onde se tem torneiras adaptadas em determinados pontos da tubulação. Primeiramente foi realizada a limpeza externa da torneira utilizando escovete embebida na solução de álcool etílico 70% para escovar o furo interno da torneira. Em seguida, uma escovete maior embebida em álcool 70% foi utilizada para a limpeza das superfícies externas, na intenção de remover qualquer acúmulo de resíduo orgânico. Na escovação, foi pulverizada solução de álcool etílico 70% sobre a superfície externa e para dentro do furo interno da torneira e deixado em contato por 60 segundos. Foi aberta a torneira para escoar ao menos 100 ml de amostra, a fim de drenar resíduos e assim remover qualquer resíduo de álcool etílico presente na torneira. Em seguida, foi realizada a coleta de cerca de 500 ml de amostra em garrafas estéreis, as quais foram encaminhadas ao laboratório da empresa para análises microbiológicas.

## *Análises Microbiológicas*

As análises microbiológicas foram realizadas por meio de membrana filtrante com porosidade de 0,45 µm, utilizando materiais esterilizados previamente em autoclave. As análises realizadas foram de bactérias totais, coliformes totais e termo tolerantes, utilizando-se os meios de cultura Plate Count Agar (PCA), Agar Endo les e Agar MFC, respectivamente. As placas para teste de bactérias totais e coliformes totais foram mantidas a 35°C por 48 horas e as placas para análises de coliformes termo tolerantes permaneceram a 44°C por 24h. para realização de contagem de unidades formadoras de colônia (UFC). Todas as análises foram realizadas seguindo padrões internos da companhia. Os resultados obtidos nas análises foram disponibilizados para a microbiologista e assepsista da fábrica.

## **Resultados e Discussão**

A circulação e recirculação de hidróxido de sódio 1,5% a 2,0%, ácido nítrico 0,15% a 0,25% e ácido peracético de 0,15% a 0,25% com enxague de água fria entre eles é utilizado atualmente para limpeza e sanitização de equipamentos no processo CIP (SEIBERLING, 2003). O hidróxido de sódio tem a função de retirar todo o material orgânico presente nas tubulações, o ácido nítrico tem a função de retirar material inorgânico, realizando assim limpeza eficaz e, em altas concentrações,

pode apresentar efeito bactericida (HOLAH, 2003; CRAMER, 2006). O ácido peracético tem função sanitizante sobre bactérias, bolores e leveduras (GREENSPAN e MACKELLAR, 1951; VIZCAINO-ALCAIDA *et al.*, 2003; REYNOLDS *et al.*, 2004).

Um equipamento a ser submetido ao processo de CIP deve ser desenhado para permitir que as soluções de limpeza circulem e atinjam todos os pontos do equipamento que tiveram contato prévio com alimentos, bem como permitir posteriormente a drenagem total destas soluções, evitando assim pontos mortos (STANFIELD, 2003). Parâmetros como tempo de contato, temperatura de aplicação, turbulência, concentração do agente sanitizante e ciclos de enxágue são importantes para determinar a eficiência do processo CIP (STANFIELD, 2003). Todo o processo de CIP realizado no experimento seguiu padrões estabelecidos pela empresa, as quais são consideradas suficientes para a descontaminação dos equipamentos, garantindo segurança nos processamentos subsequentes dos alimentos (REYBROUCK, 1998).

A temperatura durante todo o processo CIP foi  $23 \pm 1^\circ \text{C}$  (temperatura ambiente), respeitando o estabelecido como uma prática comum para CIP (STORGARDS, 2000; GOODE, 2012). No entanto, o processo pode também ser realizado a temperaturas maiores e com isso obter melhores resultados, empregando-se ciclos de pré-enxágue e enxágue a  $75^\circ \text{C}$ , e, para as soluções alcalinas e ácidas,  $80^\circ \text{C}$  e  $75^\circ \text{C}$ , respectivamente (STORGARDS, 2000; GOODE *et al.*, 2010; MANZANO *et al.*, 2011).

Os tempos de circulação dos agentes químicos variam muito em diferentes padronizações de processo. O tempo da recirculação alcalina, ácida e peracético pode ter duração média de 240 minutos no total, dentro das faixas reportadas por Storgards (2000). Já Manzano *et al.* (2011), relatam emprego de recirculação alcalina de 20-30 minutos e recirculação ácida de 15-20 minutos.

Diante dos gastos elevados e dos impactos ambientais gerados a partir do uso de soluções de limpeza e água durante o CIP, alguns autores propõem modificações nesse processo de limpeza, a fim de aperfeiçoá-lo e reduzir estes inconvenientes. Tais propostas estão fundamentadas em ajustes de temperatura, introdução de detergentes enzimáticos, membranas filtrantes e soluções ecológicas. Além disso, as alterações dos tempos de limpeza são citadas como uma alternativa para reduzir estes custos de forma significativa (PALMOWSKI, 2005; HASTING, 2008; JUDE e LAMAIRE, 2013)

Os resultados obtidos nas análises microbiológicas (QUADRO 1) demonstraram desenvolvimento irrisório de bactérias totais até o 27º dia de análises, demonstrando a efetividade do CIP realizado. Além disso, não houve desenvolvimento de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes nesse período de tempo.

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinadas na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes, de preferência *Escherichia coli*, bem como a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deva exceder a 500 Unidades Formadoras de Colônias por mililitro de amostra (500/UFC/ml) (Funasa/Brasília 2006). A empresa em questão estabelece a



contagem limite de 100/UFC/ml na água para determinar sua utilização nos processos produtivos. Portanto, nessa empresa a contagem total de bactérias na água potável não deve exceder 100 UFC/ml, com a ausência de coliformes e *E. coli* em 100ml de água (HASTING 2008). Além de cumprir com a legislação do país, cada grande fabricante de refrigerantes tem suas próprias normas e parâmetros para a água utilizada, a fim de garantir o padrão de qualidade da bebida (STEEN e ASHURTS, 2006).

Quadro 1 – Resultados das análises microbiológicas

Quantidade de dias	Bactérias Totais	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	5	0	0
24	16	0	0
25	25	0	0
26	48	0	0
27	93	0	0

Diante dos resultados apresentados, pode-se afirmar que existe a possibilidade de padronizar a realização do CIP em um intervalo de 27 dias, aumentando o espaço de tempo entre os processos em 7 dias. Dessa forma, o número de dias de realização do CIP durante um ano cairia de 18 para 13 sem prejudicar a qualidade da água utilizada para produzir refrigerantes.

TABELA COMPARATIVA	Antes do estudo	VALORES EM R\$	Depois do estudo	VALORES EM R\$	DIFERENÇA
FREQUENCIA CIP EM DIAS	20	NA	27	NA	7 DIAS
QUANTIDADE REALIZADA EM 1 ANO	18	NA	13	NA	5 CIP'S
HORAS GASTAS DE CIP EM 1 ANO	72	NA	52	NA	20 HORAS
VOLUME EM LITROS DEIXADO DE PRODUZIR EM 1 ANO	3866,400	R\$ 68.250,00	2792,400	R\$ 49.000,00	R\$ 19.250,00
VOLUME EM LITROS DE ÁGUA GASTOS EM 1 ANO	270,000,000	R\$ 2.700,00	195,000,000	R\$ 1.950,00	R\$ 750,00
QUANTIDADE DE ÁCIDO NITRICO GASTOS EM 1 ANO	1944,000	R\$ 6.765,12	1404,000	R\$ 4.885,92	R\$ 1.879,20
QUANTIDADE DE PERACETICO GASTOS EM 1 ANO	1080,000	R\$ 12.204,00	780	R\$ 8.814,00	R\$ 3.390,00
QUANTIDADE DE HIDROXIDO DE SÓDIO GASTOS EM 1 ANO	12.600,00	R\$ 12.096,00	9.100,00	R\$ 8.736,00	R\$ 3.360,00
				GANHO REAL	R\$ 28.629,20

\*NA (não aplicável)

O valor de ganho real no ano após este estudo é de 28.629,20 o que é muito significativo para a indústria em questão, ainda mais se for desdobrada para as outras 40 fabricas localizadas no território nacional.

## Conclusão

Os testes realizados sugerem que a frequência do CIP nesta fábrica de refrigerantes poderia ser alterado de 20 para 27 dias, permitindo que se tenha um menor impacto tanto econômico quanto ambiental em decorrência do CIP, sem afetar a qualidade e segurança do produto.

## Referências

ABIR – Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas. Timeline da indústria de refrigerante. 2011. Disponível em: <<http://abir.org.br/2011/01/12/timeline-da-industria-de-refrigerantes-2/>> Acesso em: 15 março de 2016.

AFEBRAS – Associação dos Fabricantes de Refrigerantes do Brasil. Histórico. Disponível em: <<http://afrebras.org.br/setor/refrigerante/>> Acesso em: 10 de abril de 2016.

AMBEV. Manual de Treinamento em refrigerantes. Universidade Ambev. São Paulo. Apostila, p 121, 2011.

ANDRADE, S.A.C; CASTRO, S.B. Engenharia e Tecnologia Açucareiras. Pernambuco: Departamento de Engenharia Química. FECILCAM, 2008.

BEULK, R., BERTÓ, D.J. Estrutura e análise de custos. São Paulo, *Saraiva*, 2001.

BORNIA, A. C. Mensuração das perdas dos processos produtivos: uma abordagem metodológica de controle interno. Dissertação de doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

BRASIL. Portaria n. 544, de 16 de novembro de 1998. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para refrigerante. Disponível em: <[http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/beb\\_rtfiq\\_refrigerante.htm](http://www.engetecno.com.br/port/legislacao/beb_rtfiq_refrigerante.htm)>. Acesso em: 7 maio 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto n.6871, de 04 de junho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1265102>> Acesso em: 27 de abril 2016.

\_\_\_\_\_. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Padrão de potabilidade para água de consumo humano. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS>> Acesso em: 25 de abril de 2016.

BRIGGS, D. E.; *et al.*; BOULTON, P. A.; STEVENS, R. *Brewing Science and practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004

BRINSON, J. A. Contabilidade por atividades: uma abordagem de custeio baseado em atividades. São Paulo. Editora Atlas, 1996.

COSTA JUNIOR, A. Memória de cálculo dos indicadores de matéria-prima de refrigerantes. Rio de Janeiro: AmBev, 2014.

CLARK, P. *Case Studies in Food Engineering: Learning from Experience*. New York: Springer, 2009.

CRAMER, M. M. *Sanitation best practices*. In: CRAMER, M. M. *Food Plant Sanitation: design, maintenance, and good manufacturing practices*. London; New York: Taylor & Francis Group LLC, cap. 7, p 125-153, 2006

DOYLE, M; BEUCHART, L; MONTEVILLE, T.J. *Food Microbiology*, 1995.

GOODE, K. R. *Characterising the cleaning behaviour of brewery foulants. To minimise the Cost of Cleaning In Place Operations*. 2012. 311f.. Thesis (Doctor of Engineering). College of Engineering and Physical Sciences, University of Birmingham, Birmingham, 2012.

GOODE, K. R.; *et al.*; ASTERIADOU, K.; FRYER, P. J.; PICKSLEY, M.; ROBBINS, P. T. *Characterising*

*the cleaning mechanisms of yeast and the implications for Cleaning In Place (CIP). Journal of Food and Bioproducts processing.* cap 88, p 365-374, 2010.

HASTING, A. P. M. *Cleaning-In-Place: Operações de Laticínios, Alimentos e Bebidas*, Society of Dairy Technology, Huntingdon, Reino Unido, APM, 3ª Edição, 2008

JUDE, B.; LEMAIRE, E. *How optimize Clean in Place (CIP) processes in food and beverage operations.* Schneider Electric Marketing and Community Manager. 2013

MANZANO, M., et al.; IACUMIN, L.; VENDRAME, M.; CECCHINI, F.; COMI, G.; BUIATTI, S. *Craft beer microflora identification before and after a cleaning process.* Journal of the institute of brewing, v. 117, p. 343-351, 2011.

MORAES, E.S.N. Manual de Boas Práticas de Fabricação. São Paulo. Ambev. 2003

PALHA, P.G. Tecnologia de refrigerantes. Rio de Janeiro: AmBev, 2014.

PALMOWSKI, L. *Clean in Place – A Review of Current Technology and its Use in the Food and Beverage Industry.* School of Engineering and Technology Deakin University. 2005

SEIBERLING, D. A.; et al.; VALENTAS, K. J.; ROTSTEIN, E.; SINGH, R. P.. *CIP Sanitary Process Design.* Handbook of Food Engineering Practice. New York: CRC PRESS LLC, cap 15, 2003.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre. Bookman. 1996.

SMIT, G. *Dairy processing: Maximizing Quality.* Cambridge: Woodhead Publishing, 2003.

STTEN, D. P; ASHURTS, P.R. *Carbonated Soft Drinks: formulation and manufacture.* Austrália, cap 2, 2006.

STANFIELD, P. et al.; HUI, Y. H.; BRUINSMA, B. L.; GORHAM, J. R.; NIP, W. K.; TONG, P. S.; VENTRESCA, P. *Cleaning and Sanitizing a Food Plant. Food Plant Sanitation.* New York: Marcel Dekker, INC., cap 9, 2003.

GREENSPAN, F. P.; MacKELLAR, D. G. *The application of peracetic acid germicidal washes to mold control of tomatoes.* Food Technology, Chicago, v. 5, p. 95-97, 1951.

HOLAH, J. et al.; LELIEVELD, H.; MOSTERT, T.; WHITE, B.; HOLAH, J. *Cleaning and disinfection. Hygiene in food processing: principles and practice.* Boston, New York, Washington: Woodhead Publishing Limited, cap. 13, p 408, 2003.

REYNOLDS, K. A.; BOONE, S.; BRIGHT, K.; GERBA, C. P. *Efficacy of Sodium Hypochlorite disinfectant on the viability and allergenic properties of household mold.* Journal of Allergy Clinical Immunology, Denver, v. 118, n. 2 (suppl. 1), p. S180, 2004

REYBROUCK, G. *The testing of disinfectants.* International Biodeterioration & Biodegradation, Suitland, v. 41, n. 3-4, p. 269-272, 1998.

STTEN, D. P; ASHURTS, P.R. *Carbonated Soft Drinks: formulation and manufacture.* Austrália. Cap 4, 2006.

STORGÅRDS, E. *Process hygiene control in beer production and dispensing.* Finland: VTT technical research centre of Finland, 2000.

VARNAM, A.H; SUTHERLAND, J.P, *Soft Drinks, In: Beverage: thecnology, chemistry and microbiology.* London. Chapman & Hall. Chapter 3, 1997

WALSTRA, P., et al. *Dairy Technolgy. 2.ed.* New York: Marcell Dekker, 1999.