



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA



Estudo da relação existente entre o volume de efluente gerado e a garantia da segurança alimentar do produto final na Indústria de Refrigerantes

Autor: Carolina Fanfa Loureiro Chaves

Orientador: Liliana Amaral Féris

Porto Alegre, Julho de 2013.

Sumário

Sumário	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vi
Lista de Símbolos	vii
Lista de Abreviaturas e Siglas	viii
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	2
2.1 Processo Produtivo na Indústria de Refrigerantes	2
2.2 Tratamento de Efluentes Líquidos	7
2.3 HACCP, Boas Práticas de Fabricação e Segurança Alimentar	9
2.4 Limpeza CIP	10
2.4.1 Verificação da Eficácia da Limpeza CIP	12
3 Materiais e Métodos	13
4 Resultados	17
4.1 Análises Microbiológicas	19
4.2 Volume de Efluente Gerado	21
4.3 Propostas de Melhorias	24
5 Conclusões	29
6 Referências	30

Agradecimentos

Primeiramente e acima de tudo, agradeço à minha família, Alba, Renata, Rogério e aos meus padrinhos do coração Berenice, Marcelo e Renato, pelo apoio infinito e pela enorme compreensão durante os anos da graduação, afinal foram muitos os domingos em que participei brevemente dos churrascos em família com o pretexto de ter que estudar para uma prova que viria na semana seguinte.

Agradeço também às amigas de longa data, Giovanna, Maria Luiza e Luiza, que sempre estiveram presentes na minha vida desde antes mesmo da escolha do curso de Engenharia Química. De não tão longa data, mas igualmente importantes, agradeço às amigas mais recentes que a esta Universidade colocou na minha vida. Caroline, Franciele, Gabriela e Marina vocês fizeram essa trajetória única e memorável.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo ensino gratuito e de qualidade. E por último, mas com grande importância, enorme carinho e admiração agradeço à minha querida amiga e orientadora Liliana.

“Se cheguei até aqui, foi porque me apoiei nos ombros de gigantes”.

Isaac Newton

Resumo

Em 2010 o Brasil se tornou o 3º maior mercado de consumo de refrigerantes do mundo, depois dos Estados Unidos com 49 bilhões de litros e México com 14 bilhões de litros. A produção desse grande volume de bebida apresenta um impacto ambiental significativo. Neste contexto, o presente estudo avalia a relação existente entre o volume de efluente gerado e o volume de refrigerante produzido, processo da indústria de alimentos que demanda cuidados especiais no que se refere à garantia da qualidade do produto final. As variáveis estudadas neste trabalho são restritas aos efluentes líquidos gerados ao longo do processo de envase do refrigerante. Esses efluentes são decorrentes dos processos de limpeza comuns na indústria de alimentos que produzem de forma contínua como é o caso da indústria de refrigerantes. Para melhor compreensão do estudo, o processo produtivo foi descrito de maneira simplificada, assim como os procedimentos de limpeza adotados nesse ramo da indústria. Também foram abordados temas como as Boas Práticas de Fabricação (BPF), a Análise de Riscos e de Pontos Críticos de Controle (HACCP) e a Segurança Alimentar. O estudo foi realizado através de dados coletados em uma indústria produtora de refrigerantes de grande porte localizada no Rio Grande do Sul durante os meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2013 e baseado na análise do volume de efluente gerado apenas no envase do produto e nos resultados das análises microbiológicas do produto acabado. Os dados foram tabulados e tratados através de ferramentas computacionais simples buscando estratificar a relação percentual existente entre o volume de efluente gerado e o volume de refrigerante produzido. Com base nos dados obtidos foram propostas alternativas de melhoria no processo para a redução da quantidade de efluente gerada nessa etapa do processo produtivo e também tiveram seus resultados quantificados ou estimados. O estudo permitiu concluir que o volume de efluente gerado na produção de refrigerantes está intimamente relacionado à segurança alimentar do produto final e à sua qualidade, mas que mesmo assim existem algumas oportunidades de melhoria possíveis neste processo.

Lista de Figuras

Figura 1: Fluxograma de Produção de Refrigerantes	2
Figura 2: Sequência de tanques do Mixer para Elaboração do Refrigerante	4
Figura 3: Enchedora	6
Figura 4: Fluxograma Simplificado do Tratamento de Efluentes	7
Figura 5: Peneira Estática	8
Figura 6: <i>Layout</i> de uma Estação CIP.....	11
Figura 7: Contagem de Bactérias no Refrigerante a base de Cola	19
Figura 8: Contagem de Bactérias no Refrigerante a base de Guaraná	20
Figura 9: Contagem de Bactérias no Refrigerante a base de Laranja	20
Figura 10: Estação CIP com 5 Tanques	25
Figura 11: Limpeza CIP antes da alteração da Estação.....	26
Figura 12: Limpeza CIP depois da alteração da Estação.....	26
Figura 13: Redução em percentual da relação Efluente/Produto causada pela alteração da estação de CIP.....	27

Lista de Tabelas

Tabela 1: tempo de produção dos sabores	13
Tabela 2: presença de polpa	13
Tabela 3: pH dos sabores estudados	13
Tabela 4: volume de CO ₂ dissolvido por volume de refrigerante	14
Tabela 5: concentração de açúcar dissolvido.....	14
Tabela 6: validade dos sabores em diferentes embalagens.....	14
Tabela 7: especificações para as análises microbiológicas realizadas no produto acabado	15
Tabela 8: tabela com os tempos limites de produção e os procedimentos adequados para a troca dos sabores na mesma linha de produção.	18
Tabela 9: Percentual Médio de Efluente produzido por Sabor Estudado	21
Tabela 10: Percentual Médio de Efluente produzido para o Refrigerante à base de Cola .	22
Tabela 11: Percentual Médio de Efluente produzido para o Refrigerante à base de Guaraná	22
Tabela 12: Percentual Médio de Efluente produzido para o Refrigerante à base de Laranja	23
Tabela 13: Redução do Volume de Efluente com a Alteração da Estação de CIP.....	25
Tabela 14: Redução da Relação %E/P com a Alteração da Estação de CIP.....	27
Tabela 15: Alteração da Relação %E/P para o Refrigerante à base de Laranja com diferentes Tempos de Produção.....	28
Tabela 16: Resultados das Análises para o Aumento do Tempo de Produção do Refrigerante à base de Laranja.....	28

Lista de Símbolos

- *scrubbing* – limpeza mecânica manual realizada em partes móveis e na superfície dos equipamentos das linhas de envase da indústria de refrigerantes que tem como objetivo evitar a formação de biofilme.

Lista de Abreviaturas e Siglas

Quadro 1: Lista de Abreviaturas e Siglas

ABIR	Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
BPF	Boas Práticas de Fabricação
BPL	Boas Práticas de Laboratório
CIP	<i>Cleaning in Place</i>
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
ETEI	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
FIFO	<i>First in, First out</i>
FS	<i>Food Safety</i>
HACCP	<i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
PET	Politereftalato de etileno
pH	Potencial hidrogeniônico
SKU	<i>Stock keeping Unit</i>
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente em Manto de Lodo)
UFC	Unidades Formadoras de Colônias

1 Introdução

O refrigerante consiste em uma bebida não alcoólica carbonatada amplamente consumida principalmente por trazer sensações de refrescância e revitalização. De acordo com a Portaria nº 544, de 16 de novembro de 1998, refrigerante é a bebida gaseificada, obtida pela dissolução em água potável, de suco ou extrato vegetal de sua origem, adicionado de açúcares.

Em 2013, pode-se enumerar a existência de 3.500 marcas de refrigerantes, produzidas por 835 fabricantes. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas Não Alcoólicas (ABIR), só no ano de 2005 foram produzidos 12,4 bilhões de litros da bebida no Brasil, ou seja, em 2005 cada brasileiro consumiu 73 litros de refrigerante. Em 2010 o Brasil tornou-se o 3º maior mercado de refrigerante do mundo, depois dos Estados Unidos com 49 bilhões de litros e México com 14 bilhões de litros. Segundo a ABIR, o refrigerante é a bebida não alcoólica mais consumida no Brasil, ultrapassando inclusive o consumo de água mineral.

A grande abrangência do mercado de refrigerantes no Brasil e no mundo torna ainda mais importante a preocupação com a garantia das Boas Práticas de Fabricação e consequente segurança alimentar do produto, uma vez que qualquer problema atrelado a isso poderia causar um impacto bastante significativo na saúde pública brasileira.

A grande variedade de marcas, bem como o crescente número de fabricantes e de consumo e o fato desse segmento da indústria ser responsável por um consumo muito grande de água no seu processo produtivo e nas limpezas relacionadas ao mesmo torna ainda mais importante o entendimento da relação entre o volume de efluente gerado e o volume de produto efetivamente produzido.

Dentro deste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar o volume de efluente gerado em uma indústria produtora de refrigerantes de grande porte localizada no Rio Grande do Sul e correlaciona-lo ao volume de água necessário para a produção. Aborda ainda os impactos que a redução drástica desse consumo poderia causar no produto final, uma vez que se trata de uma indústria produtora de alimentos que requer, portanto, cuidados especiais.

2 Revisão Bibliográfica

Ao longo da revisão bibliográfica deste trabalho serão abordados temas fundamentais para a completa compreensão do mesmo. Estes tópicos abrangem desde a descrição do processo de produção de refrigerantes e suas particularidades até as técnicas de limpeza utilizadas para garantir a inocuidade e a qualidade do produto em questão e também o tratamento dos efluente líquidos gerados neste segmento da indústria. Abordar-se-ão assuntos como Segurança Alimentar, Boas Práticas de Fabricação na indústria de alimentos e parâmetros microbiológicos utilizados para garantir a efetividade das técnicas de limpeza utilizadas.

2.1 Processo Produtivo na Indústria de Refrigerantes

A tecnologia de processo produtivo de refrigerantes é formada por uma sequência de etapas principais apresentadas na Figura 1. Neste processo a elaboração da formulação inicial pode ser bastante trabalhosa e complicada. A elaboração do xarope é uma etapa fundamental sendo responsável pela determinação das características e da qualidade do produto final (VARNAM e SUTHERLAND, 1994).

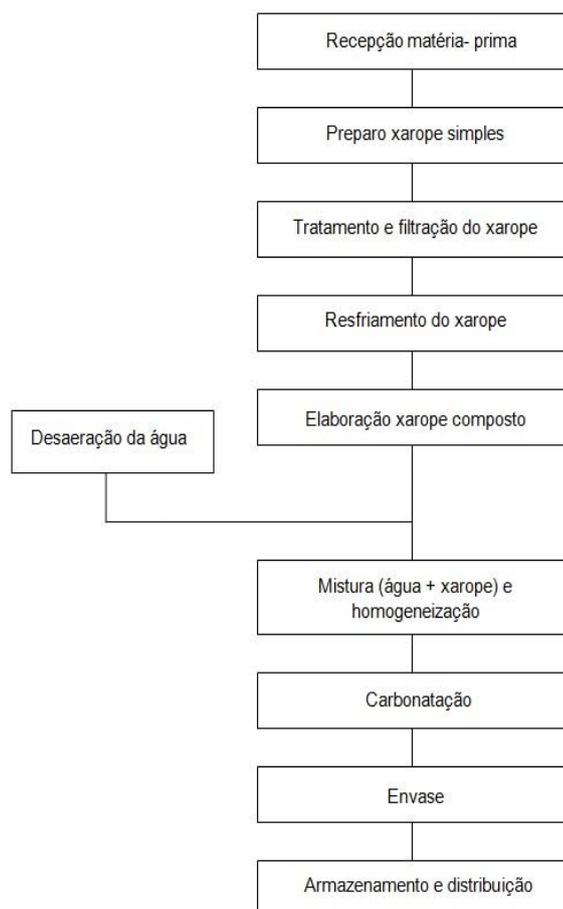


Figura 1: Fluxograma de Produção de Refrigerantes

Fonte: Adaptado de Santana, 2000.

A seguir são descritas as etapas envolvidas em detalhe:

- **Recepção e Armazenamento de Matérias-Primas**

O controle de recebimento e armazenamento de matérias-primas garante a qualidade do refrigerante. Para tanto, a utilização de insumos de fornecedores com qualidade assegurada, a realização de análises dos itens críticos de cada insumo, a estocagem em condições adequadas e o consumo dos mesmos de acordo com a correta rotatividade de estoques (política do FIFO – “*first in, first out*”) são fundamentais.

- **Elaboração do Xarope Simples**

A base de produção de bebidas carbonatadas e não alcoólicas está, inicialmente, na preparação, em mistura, de uma solução com características próprias em sabor, cor e odor, denominado por “xarope de açúcar” ou “xarope simples” (AMARAL *et al.*, 2003).

Pode ser definida como solução concentrada de sacarose com valores descritos em °Brix, que corresponde a gramas de soluto por gramas de solução. Usualmente a concentração fica em torno de 64 °Brix (SANTANA, 2000).

Uma quantidade pré-determinada de açúcar é adicionada a um tanque contendo água a 60 °C. Em seguida a mistura é aquecida a 80 – 90 °C por aproximadamente 25 minutos sob agitação constante, visando a obtenção de uma solução homogênea livre de contaminação microbiológica que possa afetar a qualidade do produto final.

- **Tratamento e Filtração do Xarope Simples**

O xarope é então filtrado com carvão ativado e terra diatomácea (auxiliar de filtração) para a eliminação de odores e sabores estranhos ao produto. Também auxilia na remoção da cor do xarope simples através do fenômeno de adsorção (NASCIMENTO, 1999).

O processo de filtração é feito a quente para a obtenção de um líquido claro e transparente. O xarope simples é tratado com carvão ativado, com um contato de 30 minutos na temperatura de 80 °C, pois com essa temperatura e tempo tem-se uma ótima viscosidade para a ação do carvão no xarope, garantindo assim, toda eficiência do carvão na retirada de impurezas (SANTANA, 2000).

- **Resfriamento**

Após a filtração, o xarope é resfriado entre 15 – 25 °C. Esta redução de temperatura tem como objetivo evitar a inversão da sacarose e evitar a perda de aromas no xarope composto após a adição de flavorizantes. O resfriamento é feito através de trocadores de calor de placas de dois estágios. Posteriormente ao resfriamento é recomendável que o xarope simples seja utilizado imediatamente para a elaboração do xarope composto (SANTANA, 2000).

- **Elaboração do Xarope Composto**

O xarope composto é o produzido através da mistura do xarope simples com ingredientes tais como acidulantes e flavorizantes. Depois de concluída a composição do xarope composto, o tanque deve ser agitado, em média, por 15 minutos. A conclusão do preparo do xarope composto deve acontecer até 60 minutos antes do engarrafamento, exceto para produtos tipo cola – estes devem ser envasados somente após um tempo

mínimo de 24 horas para que ocorra a maturação de sabores e odores e a inversão da sacarose (SANTANA, 2000).

A elaboração de xaropes compostos para produtos dietéticos segue os mesmos cuidados, diferindo apenas por utilizar água e não xarope simples como meio de diluição dos demais componentes. O Ministério da Agricultura exige que a preparação deste tipo de xarope composto seja feita em tanques específicos para refrigerantes dietéticos. O controle da proporção de diluição xarope / água em refrigerantes dietéticos é feito através da determinação físico-química do teste de acidez e não de °Brix como nos demais produtos (SANTANA, 2000).

- **Desaeração da Água, Mistura, Homogeneização e Carbonatação**

As etapas de desaeração da água, mistura do xarope composto, homogeneização e carbonatação do produto são realizadas em um único equipamento. Diversos tipos de equipamentos podem ser empregados, sendo que os mais utilizados atualmente são o *carbo-cooler*, o *star-blend*, o *flo-mix* e o *mixer*.

O equipamento *mixer*, segundo Krones (1999), possibilita maiores volumes de produção e possui um sistema melhor de automação para controle e manutenção da qualidade da bebida. O *mixer*, demonstrado na Figura 2, é composto por seis tanques: um tanque desaerador, um tanque de xarope composto, dois tanques dosadores, um tanque misturador e um tanque carbonatador (PEREIRA, 2001).

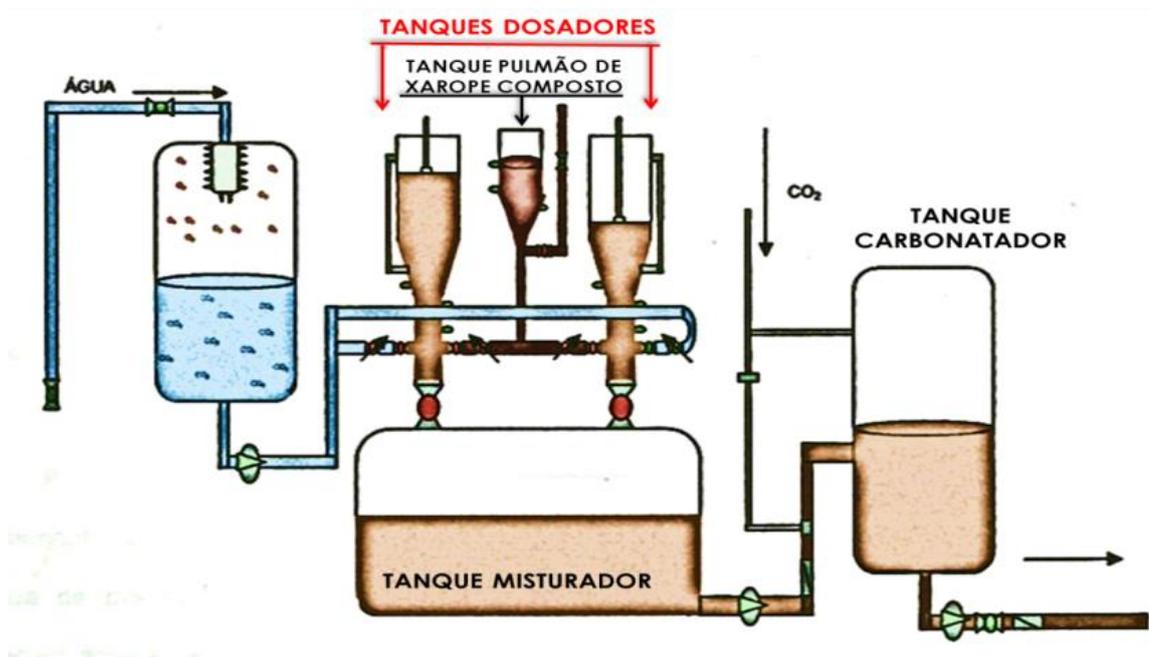


Figura 2: Sequência de tanques do Mixer para Elaboração do Refrigerante

Fonte: adaptado de Pereira, 2001.

A desaeração da água (eliminação do oxigênio dissolvido) facilita as operações posteriores de carbonatação e enchimento, além de melhorar a qualidade sensorial da bebida. O processo ocorre no tanque desaerador. A água previamente resfriada entra na parte superior e é pulverizada nas paredes do tanque através de um sistema de *spray* a

pressão de aproximadamente 0,3 bar. À medida que a água entra no tanque, ocorre a injeção de gás carbônico para eliminar o oxigênio dissolvido em água. Como o CO₂ é mais denso que o O₂, este gás fica concentrado na parte inferior do tanque e o oxigênio na parte superior. O ar é eliminado do tanque através de uma válvula de retenção localizada na parte superior do tanque (PEREIRA, 2001).

Segundo Krones (1999), a proporção de dosagem é de 5 litros de água para cada 1 litro de xarope composto. O xarope é o primeiro líquido a ser dosado. Ele é transferido para os dosadores pela ação da gravidade. A transferência da água do tanque desaerador para o de dosagem ocorre por uma bomba.

A homogeneização da dosagem ocorre durante a transferência do líquido para o tanque misturador. Esta transferência é realizada apenas pela gravidade, pois os tanques dosadores ficam localizados logo acima do tanque misturador (PEREIRA, 2001). Posteriormente, o produto homogêneo é transferido para o tanque carbonatador através de uma bomba.

A carbonatação é o processo de dissolução do gás carbônico (CO₂) no líquido. Existem dois fatores que tem influência direta na parametrização do equipamento: a pressão de CO₂ e a temperatura do produto. O refrigerante, já gaseificado, é enviado para o envase através de uma bomba com frequência ajustável.

- **Envase**

É nesta etapa que ocorre a transferência do refrigerante já elaborado. Apesar de existirem diversos tipos de embalagens que podem ser empregadas, o processo de envase é o mesmo para todas. Para cada embalagem existe um tipo de limpeza distinto que pode ser mais ou menos rigoroso dependendo do material utilizado (retornável ou descartável).

A etapa inicial do processo de envase é a preparação das embalagens. Silva (2001) afirma que antes da utilização é necessária uma etapa de limpeza para garantir que nenhum tipo de sujeira ou contaminação existente na garrafa ou lata passe para o produto. Para cada embalagem existe um tipo distinto de limpeza, que pode ser mais ou menos rigoroso de acordo com o tipo de material utilizado (retornável ou descartável). Para as garrafas PET utiliza-se um equipamento chamado Rinser, que consiste em uma série de esguichos colocados a intervalos regulares onde ocorre o jateamento de água clorada para dentro das garrafas (aproximadamente 1,5 ppm). As latas também utilizam um Rinser. Porém, a limpeza é feita com enxágue com água fria, seguido de enxágue com água quente e aplicação de vapor. Para a limpeza de garrafas de vidro utiliza-se uma lavadora de garrafas.

Depois de limpas, as embalagens passam para a enchedora, onde ocorre o envase. Segundo Lima (2001) e Sommer (2003), o processo de enchimento de refrigerantes é composto por quatro etapas básicas: contrapressão, enchimento, equilíbrio e alívio.

A fase de contrapressão consiste na injeção de gás (gás carbônico, nitrogênio ou ar comprimido) para elevar a pressão interna da embalagem até equilibrá-la com a pressão de trabalho do equipamento. Esta etapa tem como objetivo manter a pressão constante durante o envase para garantir a carbonatação da bebida, pois em baixas pressão o líquido tende a liberar o CO₂ incorporado.

Na fase de enchimento, o líquido é transferido para dentro da embalagem, descendo suavemente através das paredes da mesma. O gás contido dentro do recipiente retorna para a câmara de onde havia saído pela mesma tubulação responsável pela pressurização inicial da embalagem.

A fase de equilíbrio é atingida quando se obtém o volume de bebida desejado dentro da embalagem. A medição e o controle do volume de enchimento podem ser feitos de diversas maneiras dependendo do tipo de equipamento utilizado. As enchedoras mais utilizadas são as isobáricas e as volumétricas.

O alívio consiste na despressurização da embalagem através da descarga do restante do gás de contrapressão para o ambiente. É muito importante que isso ocorra de forma lenta para evitar que o produto espume.

Após o enchimento as embalagens passam para um sistema de lacre. Nesta etapa é necessário garantir boa vedação para evitar vazamentos, perda de CO₂ e entrada de ar (SOMMER, 2003). Em seguida as embalagens passam pelo processo de codificação, rotulação e empacotamento. A Figura 3 mostra um exemplo de uma enchedora típica usada no processo.

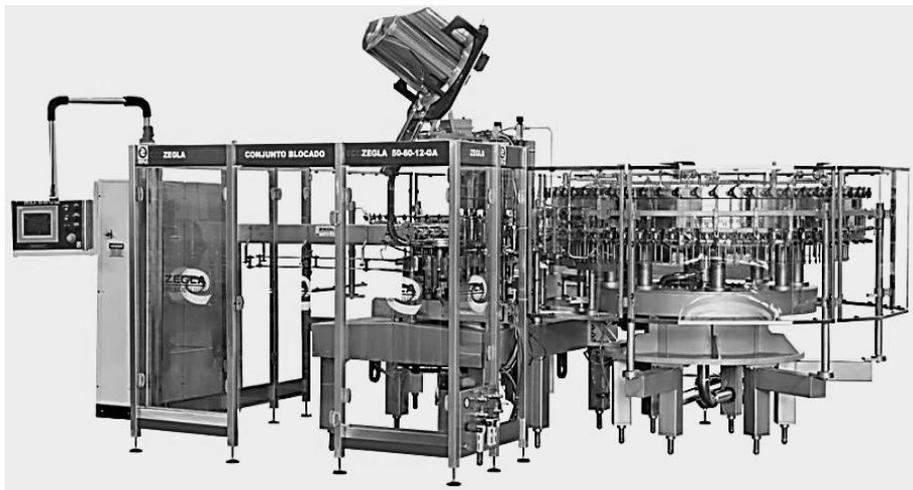


Figura 3: Enchedora

Fonte: Kronen, 1999.

- **Armazenamento e Distribuição**

Para garantir que o produto chegue ao consumidor de maneira adequada são necessários alguns cuidados durante a fase de armazenamento e de distribuição. O produto deve ficar em local adequado (limpo, seco, arejado, longe de umidade excessiva, sob temperatura amena e sem exposição ao sol, afastado de tetos e paredes), deve estar sobre estrados de madeira respeitando-se as condições de empilhamento. Além disto, é fundamental garantir a rotatividade dos estoques, o FIFO, de modo que os produtos elaborados primeiro sejam consumidos antes (MORAES, 2003).

A exposição à luz solar e a altas temperaturas, segundo Morris (1959), causam diversos tipos de alterações. Além do mais podem afetar a carbonatação, uma vez que o calor diminui a solubilidade do CO_2 no líquido.

Dentro do processo produtivo dos refrigerantes ainda é preciso descrever o tratamento dos efluentes gerados neste processo.

2.2 Tratamento de Efluentes Líquidos

O tratamento de efluentes líquido de uma indústria de refrigerantes é descrito em três etapas: tratamento preliminar, secundário e terciário. No tratamento preliminar, todo o líquido proveniente do sistema de produção (efluente industrial) é despejado em um tanque.

O tratamento inicial consiste na junção do efluente industrial com o sanitário, os quais são recebidos em uma caixa de recepção, onde um medidor fornece a leitura diária do volume do efluente gerado e enviado a ETE. Nesta unidade é realizado o monitoramento do pH e, se necessário, é feito o ajuste para neutralidade. Caso o pH esteja muito elevado faz-se adição de gás carbônico, se estiver muito baixo adiciona-se soda. A Figura 4 mostra um fluxograma simplificado do processo.

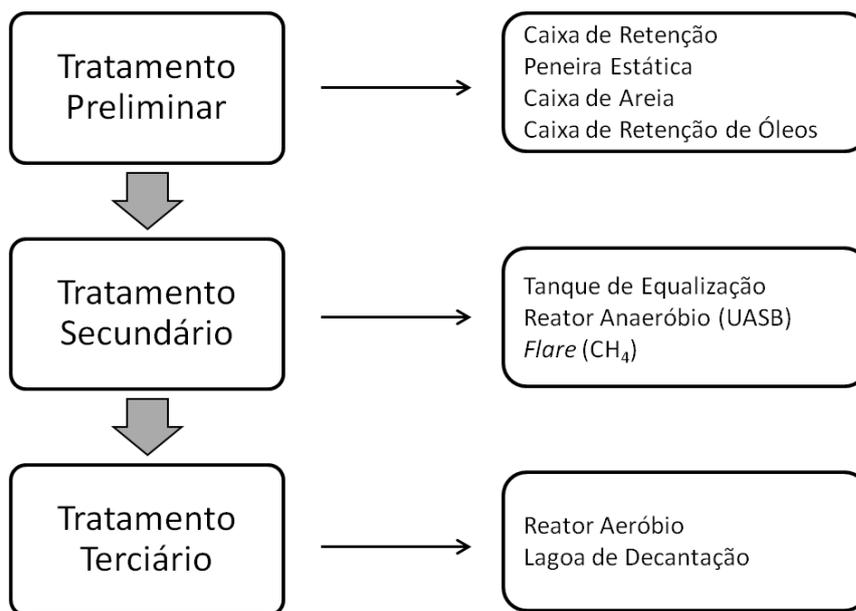


Figura 4: Fluxograma Simplificado do Tratamento de Efluentes

Fonte: Adaptado de Mazzer e Cavalcanti, 2004.

Na sequência, o efluente é direcionado para uma peneira estática, que pode ser vista na Figura 5. Esta peneira é composta por uma tela metálica vertical, interposta ao fluxo do efluente. Ela é responsável por remover os sólidos de pequenas dimensões. A remoção do material retido se dá por meio de jato d'água sob pressão que atravessa o dispositivo em sentido contrário ao fluxo do efluente.



Figura 5: Peneira Estática

Fonte: Mazzer e Cavalcanti, 2004.

O efluente atravessa então o sistema de caixa de areia. Este tratamento, com fluxo horizontal, promove a separação das areias por diferença de densidade. Sua finalidade é evitar o desgaste dos equipamentos e canalizações, reduzindo a possibilidade de obstruções, facilitando, assim, o transporte do líquido do sistema.

Em seguida, tem-se a caixa de retenção de óleos e graxas, onde ficam depositados óleos e graxas que possam vir com o efluente. Faz-se a remoção dos mesmos que ficam retidos. A finalidade da remoção é evitar obstruções e aderência no sistema; evitar a ocorrência de odores desagradáveis na estação, pois os óleos sobrenadantes dificultam a aeração nas lagoas.

No tratamento secundário inicia-se o processo anaeróbio. Ele tem início no tanque de equalização, onde o pH deve ser corrigido próximo à neutralidade para fornecer condições para o bom desempenho do reator anaeróbio. O efluente do reator anaeróbio pode ser recirculado para este tanque.

O efluente chega ao tanque de equalização, para homogeneização e correção de pH e temperatura, quando necessário. O tanque é fechado, possui agitação mecânica e opera a nível variável, absorvendo vazões de pico da indústria e evitando uma sobrecarga nos reatores biológicos. No dimensionamento deste tanque foram consideradas as variações decorrentes da composição do efluente, sendo o pH o parâmetro que apresenta maior flutuação. Além da correção do pH com hidróxido de sódio ou ácido clorídrico, neste tanque também são adicionados nutrientes (nitrogênio e fósforo).

Do tanque de equalização, o efluente é enviado para o reator anaeróbio do tipo fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). O funcionamento desta etapa de tratamento se dá através da passagem do efluente por um leito expandido na presença de microrganismos anaeróbicos. O biogás gerado é queimado em um *flare* (uma chama alimentada pelo gás natural produzido pelo metabolismo dos microrganismos dentro do reator UASB).

O uso de reatores anaeróbios no tratamento de efluentes das indústrias de refrigerantes é bastante recomendado pela economia, principalmente nos usos de aeradores e pela geração de gás combustível (CH_4) aproveitável. Porém o uso desses reatores exige um pós-tratamento por não remover toda a matéria orgânica presente no efluente e ainda, pelo seu efluente possuir baixo nível de oxigênio, cor e odor elevado.

O tratamento terciário é composto por reator um aeróbico e uma lagoa de decantação. No primeiro, a oxigenação do efluente é muito importante na degradação da matéria orgânica. Na lagoa de decantação, ocorre a separação do lodo e do efluente líquido sobrenadante. Esta etapa é fundamental para a clarificação final do efluente. O efluente líquido será descarregado por gravidade parte para a lagoa reserva e parte vai diretamente para o leito do rio de destino. Contudo, quando os sólidos suspensos voláteis no reator estiverem acima de 3200 mg/l, deve-se realizar uma descarga de lodo para o adensador.

O adensador tem por finalidade receber e remover a umidade de excesso de lodo em circulação (descarte) no sistema, para posterior destinação final. O lodo será retirado do adensador quando atingir a capacidade do mesmo. E o líquido retorna por gravidade para a lagoa de equalização

A combinação dessas etapas reduz a carga orgânica do efluente da indústria de refrigerantes tornado possível o seu lançamento em corpos hídricos sem que isso prejudique a fauna e a flora locais.

2.3 HACCP, Boas Práticas de Fabricação e Segurança Alimentar

Segundo a Organização Mundial da Saúde são estimadas 2,2 milhões de mortes devido à ingestão de água ou de alimentos contaminados em países em desenvolvimento e esta é uma das razões pelas quais o controle da inocuidade dos alimentos comercializados consiste em um dos fatores mais importantes no controle de qualidade dos mesmos (BARTZ TONDO, 2011).

Os alimentos podem ser contaminados por perigos físicos, químicos e biológicos que podem afetar a saúde do consumidor. As Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), termo de origem em inglês *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP), tem como principal função diminuir as fontes de contaminação na produção de alimentos.

De uma maneira geral, as BPF são compostas por procedimentos e ações que visam prevenir ou reduzir a contaminação dos alimentos e podem ser aplicadas em diferentes níveis dentro das empresas desde o ambiente até procedimentos específicos, o que as difere do HACCP que incide sobre controles do processamento de alimentos (ex. temperatura, tempo, pH, entre outros) (BARTZ TONDO, 2011)..

No Brasil, as legislações abordam as Boas Práticas de Fabricação há muitos anos, sendo mais amplamente enfatizadas a partir de 1993 através da publicação da Portaria 1.428 do Ministério da Saúde (MS). O MS, o Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceram as BPF mais específicas para a indústria de alimentos ao longo dos anos seguintes.

As BPF envolvem práticas que abrangem desde o controle da qualidade da água utilizada no processo e na higienização das instalações, equipamentos e utensílios utilizados no processo até os controles do processamento de alimentos e manipuladores bem como os registros dessas atividades. Essas práticas são descritas de uma maneira generalista para a indústria de alimentos como um todo.

O HACCP, por sua vez, é um método sistemático de identificação, avaliação e controle de perigos cuja principal função é promover a segurança dos alimentos através da implementação de controles nas etapas mais importantes da produção de cada produto evitando que o mesmo se torne perigoso para consumo. Essa análise de riscos tem como objetivo identificar os perigos físicos, químicos e biológicos que possam afetar a saúde do consumidor e implantar as medidas de controle para cada um desses perigos identificados ao longo do processo produtivo. A adoção destas práticas é o que irá garantir a inocuidade do produto acabado.

Enquanto as Boas Práticas de Fabricação são regras genéricas que podem ser implementadas em diferentes estabelecimentos produtores e/ou manipuladores de alimentos, o HACCP é específico para cada produto e deve ter um plano desenvolvido para cada planta industrial, uma vez que a alteração de apenas um equipamento pode eliminar ou acrescentar riscos a aquele processo produtivo (BARTZ TONDO, 2011).

Torna-se importante observar que as genéricas BPF aliadas a um rigoroso e específico plano de HACCP são a garantia da “Segurança Alimentar” do produto final. Esta aliança dos dois conjuntos de práticas diminuem drasticamente a possibilidade dos produtos alimentícios produzidos na indústria causarem algum dano à saúde do consumidor.

A expressão “Segurança Alimentar” pode ser usada como tradução para diferentes expressões da língua inglesa, como por exemplo, *Food Defence*, *Food Security* ou *Food Safety*, porém, quando trata-se da aliança de práticas como as BPF e o HACCP é possível remeter-se apenas ao *Food Safety* (FS) e a nenhuma outra das outras expressões inglesas.

2.4 Limpeza CIP

Os principais ingredientes do refrigerante são a água, o extrato ou suco, o açúcar e o dióxido de carbono (CO₂). A água, que constitui a maior parte da bebida, é obrigatoriamente potável e deve estar de acordo com as normas da legislação vigente. Além disto, deve apresentar características específicas, tais como: baixa alcalinidade, presença de sulfatos e cloretos, baixa quantidade de cloro e fenóis, ausência de metais e padrão microbiológico adequado (LIMA AFONSO, 2008).

O açúcar, por sua vez, é utilizado numa proporção de 8 a 12% do produto final, sendo a sacarose o principal açúcar utilizado. A sacarose pode ser substituída total ou parcialmente por sacarose invertida, frutose, glicose e seus xaropes. O açúcar confere o sabor adocicado do refrigerante, encorpa o produto, fixa e realça o paladar, além de fornecer energia.

O dióxido de carbono deve ser industrialmente puro e possuir quantidade mínima dissolvida de 1,0 V (volume dióxido de carbono) (ANVISA, 1998). Este componente está associado ao realce do paladar e à aparência característica do produto.

O extrato e/ou suco conferem o sabor, cor e aroma à bebida.

Na indústria de refrigerantes, a higienização de superfícies e de equipamentos bem como a eliminação de biofilmes é uma etapa muito importante na garantia da inocuidade do produto acabado devido à grande quantidade de açúcar presente nas etapas

produtivas que favorecem formação desses filmes. Biofilmes são “comunidades de microrganismos aderidos a superfícies diversas” e, segundo Shi e Zhu (2009), são a forma prevalente de crescimento de microrganismos na natureza. Essas camadas podem ser removidas das superfícies através da ação mecânica (escovação ou turbilhonamento) e/ou da ação química (desinfetantes ou sanitizantes).

Na indústria de alimentos, esses princípios podem ser combinados e automatizados através da utilização da limpeza CIP (*Cleaning in Place*). De uma maneira geral, o CIP consiste na passagem de solução alcalina aquecida, durante alguns minutos sob um regime turbulento, seguida pelo enxágue com água e posterior passagem de solução desinfetante, cuja composição pode variar de acordo com o objetivo do procedimento de limpeza, seguida de enxágue para sua completa eliminação, uma vez que as tubulações normalmente são fechadas e os equipamentos não permitem fácil desmontagem.

A limpeza CIP é comumente utilizada na indústria de bebidas, visto que estas trabalham com linhas fechadas de produção. Embora sejam consideradas muito eficazes, as limpezas CIP não dispensam que o acompanhamento de sua eficácia seja feita através de análises microbiológicas periódicas do produto acabado. Qualquer alteração nas contagens fornecidas por essas análises deve ser devidamente investigada, pois pode apontar falhas no procedimento de sanitização da linha de produção. Uma vez concluída a investigação, as devidas providências devem ser tomadas.

A Figura 6 mostra o *layout* de uma estação de CIP moderna e desenhada de maneira a evitar mistura das diferentes soluções utilizadas no processo.

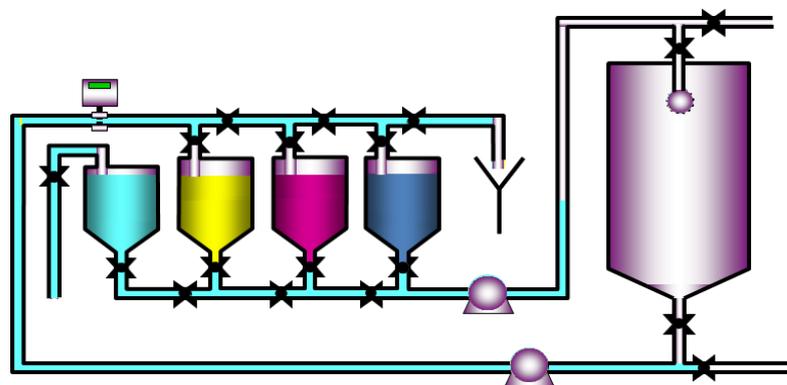


Figura 6: *Layout* de uma Estação CIP

Fonte: Johnson Diversey, 2008.

Além das análises microbiológicas do produto final, podem ser feitas outras considerações relacionadas ao sistema de limpeza CIP utilizado nesse segmento da indústria. Em estações automatizadas, o monitoramento da quantidade de água utilizada e de efluente envolvido em cada uma das etapas bem como no processo como um todo é extremamente simples e viável. Esse dado pode ser facilmente comparado à quantidade de refrigerante produzido fornecendo um panorama geral dos impactos ambientais causados pelos procedimentos de limpeza realizados durante o processo de envase para a garantia da segurança alimentar do produto acabado na indústria de refrigerantes. Os tempos de cada uma dessas etapas de circulação de soluções é um dos aspectos que deve ser considerado quando este levantamento estiver sendo realizado.

2.4.1 Verificação da Eficácia da Limpeza CIP

Como a limpeza CIP é aplicada em equipamentos ou linhas fechadas, como é o caso de linhas de processamento de bebidas, sucos de frutas e leite, o monitoramento de sua eficácia deve ser realizado através de análises microbiológicas periódicas do produto final (BARTZ TONDO, 2011).

A legislação brasileira prevê limites máximos para a contagem de coliformes nos refrigerantes comercializados no país. O Anexo I da Resolução da ANVISA – RDC nº 12, de 2 de Janeiro de 2001, estabelece os parâmetros de controle para a chamada esterilidade comercial do refrigerante no Brasil. As especificações apresentadas na legislação referem-se a um limite máximo de coliformes na bebida e não apresenta limites legais para os demais microrganismos que podem vir a prejudicar as características sensoriais e físico-químicas do produto. No entanto, as indústrias produtoras de refrigerantes analisam a presença dos demais microrganismos devido à possibilidade de alteração sensorial que eles podem trazer ao refrigerante ao longo do seu período de validade mesmo que estas contagens não venham a prejudicar a saúde do consumidor.

O Quadro 2 apresenta os métodos utilizados nas análises microbiológicas do produto acabado para a validação da limpeza CIP utilizada na indústria de refrigerantes.

Quadro 2: Métodos de Análise Microbiológica

Fonte: Pepsico Sanitation Manual, 2011

TM701.001	Método de Filtragem de Membrana
TM701.007	Método de Detecção de Presença/Ausência de Coliformes
TM800.01	Método de Amostragem Asséptica

As análises realizadas no produto final consistem na filtração em membrana de uma determinada alíquota do refrigerante retirada de sua embalagem final em uma capela de fluxo laminar em um laboratório de microbiologia seguindo todas as boas práticas de laboratório para garantir a confiabilidade das análises.

3 Materiais e Métodos

O estudo foi baseado no levantamento de dados realizado em uma empresa produtora de refrigerantes de grande porte localizada no estado do Rio Grande do Sul. O período estudado envolveu os meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2013. Foram estudados três tipos de refrigerantes com características físico-químicas distintas. O estudo visou mapear e quantificar os impactos ambientais causados pelos procedimentos mínimos de assepsia necessários para assegurar a segurança alimentar e a qualidade do produto acabado.

Os três produtos analisados foram escolhidos por representarem dois casos extremos em termos de tempos de produção e também um caso intermediário.

A Tabela 1 apresenta a descrição das principais características físico-químicas dos produtos escolhidos, bem como o tempo de produção usualmente empregado para cada um dos sabores em questão e também o prazo de validade dos mesmos em diferentes embalagens de comercialização. Na Tabela 1 são apresentados os tempos limites de produção para cada sabor estudado. A Tabela 2 aponta a presença ou a ausência de polpa nesses refrigerantes.

Tabela 1: tempo de produção dos sabores

Tempo de Produção (h)	
Tipo	Duração
Refrigerante a base de cola	120,00
Refrigerante a base de guaraná	72,00
Refrigerante a base de laranja	24,00

Tabela 2: presença de polpa

Presença de Polpa	
Tipo	Polpa
Refrigerante a base de cola	Não
Refrigerante a base de guaraná	Não
Refrigerante a base de laranja	Sim

A Tabela 3, por sua vez, apresenta as especificações de pH dos sabores estudados enquanto a Tabela 4 mostra as especificações de volume de CO₂ dissolvido por volume de refrigerante nas embalagens retornáveis e nas embalagens descartáveis e a Tabela 5 o volume de açúcar dissolvido por volume de solução, em °Brix.

Tabela 3: pH dos sabores estudados

pH		
tipo	Mínimo	Máximo
Refrigerante a base de cola	2,40	2,60
Refrigerante a base de guaraná	2,90	3,30
Refrigerante a base de laranja	2,90	3,30

Tabela 4: volume de CO₂ dissolvido por volume de refrigerante

CO ₂				
Tipo	PET		Vidro	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Refrigerante a base de cola	4,00	4,40	3,40	3,80
Refrigerante a base de guaraná	3,50	3,90	2,90	3,30
Refrigerante a base de laranja	3,40	3,80	2,90	3,30

Tabela 5: concentração de açúcar dissolvido

°Brix		
Tipo	Mínimo	Máximo
Refrigerante a base de cola	11,10	11,50
Refrigerante a base de guaraná	9,80	10,20
Refrigerante a base de laranja	9,80	10,20

Na Tabela 6 são apresentados os períodos de validade para cada um dos sabores em diferentes tipos de embalagens.

Tabela 6: validade dos sabores em diferentes embalagens

Validade (dias)			
Embalagem	Cola	Guaraná	Laranja
PET (237 mL)	120	120	120
PET (600 mL)	90	180	120
PET (1,5 L)	120	120	120
PET (2,0 L)	120	180	180
PET (2,25 L)	120	120	-
PET (2,5 L)	105	105	105
Vidro (284 mL)	270	270	180

As características apresentadas nestas tabelas servem para uma análise mais detalhada do comportamento diferenciado de cada sabor. É importante salientar que estas características foram consideradas quando o tempo limite de produção de cada sabor foi determinado ou quando se quer alterar esses tempos.

A efetividade dos procedimentos de limpeza aplicados nas trocas de sabores assim como o tempo de produção máximo de um produto sem CIP ou enxágue são determinados, acompanhados e estendidos através da realização de análises microbiológicas tanto da água do último enxágue do procedimento como também de *swabs* (bastonetes com algodão estéril na extremidade utilizados para avaliar a contaminação microbiológica de uma superfície) realizados logo após a limpeza e/ou durante a produção e do produto acabado propriamente dito com frequência mínima diária.

Observa-se que as especificações utilizadas para validar a limpeza e o tempo máximo de produção serão sempre mais rígidas ou no mínimo iguais às presentes na legislação vigente no país.

O presente trabalho foi limitado a analisar o volume de efluente gerado durante o processo de envase do produto. Sendo assim o estudo das análises microbiológicas ficou restrito a um determinado ponto do processo (saída da enchedora).

Conforme comentado anteriormente, o Anexo I da Resolução da ANVISA - RDC nº 12, de 2 de Janeiro de 2001, estabelece os parâmetros de controle para a chamada esterilidade comercial do refrigerante no Brasil. As especificações apresentadas na legislação referem-se apenas a um limite máximo de coliformes na bebida e não apresenta limites legais para os demais microrganismos que podem vir a prejudicar as características sensoriais e físico-químicas do produto. Para garantir o cumprimento dessas especificações, tanto as previstas em lei quanto as internas, a análise do produto é realizada em uma capela de fluxo laminar em um laboratório de microbiologia da empresa onde são respeitadas todas as Boas Práticas de Laboratório (BPL) para garantir a confiabilidade dessas análises.

Na Tabela 7, seguem as especificações adotadas internamente pela empresa em que o estudo foi realizado, tais parâmetros são mais rígidos do que os descritos na resolução da ANVISA e estabelecem limites para os demais possíveis contaminantes.

Tabela 7: especificações para as análises microbiológicas realizadas no produto acabado

Produto	BT	BOL	LEV	BA	CT
Refrigerante a base de Cola	30	5	5	5	0
Refrigerante a base de Guaraná	30	5	5	5	0
Refrigerante a base de Laranja	5	0	0	0	0

BT: bactérias totais

BOL: bolores

LEV: leveduras

BA: bactérias acidúricas

CT: coliformes totais

contagens feitas em UFC/100mL de produto onde UFC = unidades formadoras de colônias

No processo estudado, a etapa de enxágue consiste na circulação de água fria por vinte minutos após o término de uma produção e posterior produção do produto seguinte.

O CIP alcalino, por sua vez, é composto por mais etapas. O procedimento começa com um enxágue de aproximadamente cinco minutos após o término de uma produção para eliminar qualquer residual de produto, ele é seguido pela circulação de solução de soda cáustica quente com concentração entre 1,5 e 2% com posterior circulação de água fria para eliminar resíduos cáusticos da linha que podem ser prejudiciais aos equipamentos e vedações se elevados à alta temperatura da etapa seguinte. A etapa final do procedimento é o enxágue com água quente por vinte minutos. No CIP alcalino, a água quente é o agente sanitizante do processo. Tanto na etapa onde circula-se a solução de

soda cáustica quanto na etapa onde circula-se a água quente, a temperatura e a velocidade do fluído são pontos determinantes do processo. Uma velocidade maior ou igual a 1,5 m/s garante um regime de escoamento turbulento e uma melhor remoção da carga orgânica presente na tubulação devido à ação mecânica causada pelo escoamento. A temperatura por sua vez é responsável por eliminar os microrganismos, ela deve variar entre 80 e 85°C sem ultrapassar esse valor, uma vez que uma temperatura muito elevada danifica as juntas e vedações da linha de produção. Após a realização da última etapa do procedimento, é preciso circular água fria para resfriar a linha de produção antes do início da produção seguinte. Esse procedimento é chamado de último enxágue.

O CIP alcalino pode ou não ser seguido de *scrubbing*. Em alguns casos, essa limpeza mecânica manual das partes móveis com aplicação de espuma clorada, *scrubbing*, é requerida antes de continuar a produção com outro sabor, como, por exemplo, antes e depois das produções de refrigerantes a base de laranja.

Inicialmente foi quantificado o impacto em volume de efluente líquido gerado decorrente dos procedimentos de limpeza requeridos para garantir a segurança alimentar e a qualidade do produto durante as produções que ocorreram nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2013 nessa empresa produtora de refrigerantes localizada no Rio Grande do Sul. Tais dados foram coletados utilizando tanto os registros de descartes da estação de tratamento de efluentes (ETE) da empresa, que conta com uma Calha Parschal, quanto os dados de um medidor de vazão instalado na tubulação de retorno da estação de CIP.

Juntamente com a quantidade de efluente gerado em cada limpeza após cada produção, também foi identificado o número de garrafas produzidas e consequentemente o volume de produto envasado nessa produção.

Durante esse mesmo período, os resultados das análises microbiológicas do produto acabado foram acompanhados. Observa-se que essas análises são realizadas na rotina dessa indústria e qualquer anomalia nas mesmas justifica uma revisão nos procedimentos de limpeza e/ou no tempo limite de produção de determinado tipo de bebida.

A quantificação do volume de efluente líquido proveniente da produção dos diferentes sabores considerou o efluente gerado pelas águas de enxágue e de CIP com origem no processo de envase do produto. Os processos de limpeza realizados em outras etapas do processo produtivo e os impactos provenientes de outras atividades de limpeza das instalações industriais, como, por exemplo, lavagem de pisos e paredes não foram incluídos no presente estudo.

4 Resultados

A análise das características físico-químicas dos sabores estudados nos permite entender os diferentes tempos de produção empregados na indústria. Um refrigerante a base de cola, por exemplo, pode ser produzido por mais tempo, visto que suas características físico-químicas, tais como o pH extremamente baixo e o elevado volume de CO₂ dissolvido, fornecem um ambiente bem menos propício à proliferação de micro-organismos que possam vir a afetar a segurança alimentar e a qualidade do produto acabado. Refrigerantes a base de guaraná e de laranja, por sua vez, não diferem tanto em suas características físico-químicas, porém o sabor a base de laranja tem seu tempo de produção prejudicado devido à presença de polpa na formulação do mesmo. De uma maneira geral, a presença de polpa faz com que o produto seja menos estável e mais sensível fazendo com que o seu tempo de produção limite seja menor do que os demais sabores.

O prazo de validade do produto não depende não só das características físico-químicas dos produtos e da suscetibilidade dos mesmos a serem alvos de contaminações microbiológicas que possam afetar suas características. Também existe a relação com as condições das embalagens em que os mesmos são comercializados (fato que foi exposto na Tabela 6).

Pode-se observar que a variação pode ser bastante significativa devido às características das embalagens. Uma garrafa de vidro sempre irá proporcionar uma validade maior, pois não haverá perda de CO₂ pelas paredes do recipiente como é comum em garrafas do tipo PET. Nas garrafas de vidro, a perda de CO₂ devido à exposição do sol também será menor justamente por essas embalagens não apresentarem a porosidade das garrafas plásticas. As embalagens PET têm validades diferentes devido à variação de espessura que as mesmas podem apresentar, de uma maneira geral, quanto maior a espessura da parede da garrafa maior será o prazo de validade do produto no interior da mesma.

Com base na variação das propriedades físico-químicas dos produtos estudados, na sua estabilidade na prateleira (prazo de validade) e na sua sensibilidade ao ataque microbiológico, foi estabelecido um procedimento padrão para a troca entre sabores em uma mesma linha de produção. O procedimento não poderia ser o mesmo para os três sabores em questão, pois as características dos mesmos variam significativamente.

Tabela 8: tabela com os tempos limites de produção e os procedimentos adequados para a troca dos sabores na mesma linha de produção.

	Refrigerante a base de guaraná	Refrigerante a base de guaraná light	Refrigerante a base de cola	Refrigerante a base de cola light	Refrigerante a base de laranja	Refrigerante a base de laranja light
Saindo de:						
Indo para:						
Refrigerante a base de guaraná	1	1	1	1	2 #	2 #
Refrigerante a base de guaraná light	2	1	2	2	2 #	2 #
Refrigerante a base de cola	1	1	1	1	2 #	2 #
Refrigerante a base de cola light	2	1	2	1	2 #	2 #
Refrigerante a base de laranja	2 #	2 #	2 #	2 #	2 #	2 #
Refrigerante a base de laranja light	2 #	2 #	2 #	2 #	2 #	2 #
Tempo máximo de produção sem CIP (h)	72	72	120	120	24	24

1	enxágue
2	CIP alcalino
2#	CIP alcalino + scrubbing

Na elaboração da

Tabela 8, foram considerados diversos aspectos tais como as peculiaridades de cada sabor estudado, seu tempo de produção limite, a presença ou ausência de sensibilizantes (aspartame) ou de alergênicos (corantes) na composição de determinado produto além da efetividade do procedimento de limpeza escolhido para a troca de sabores.

Observa-se que os tempos de produção limites de cada produto foram determinados experimentalmente e validados através de acompanhamentos por análises microbiológicas para assegurar a ausência de contaminações. A efetividade do procedimento de limpeza escolhido também é acompanhada dessa maneira e sua escolha para determinada troca de sabor não é uma determinação estática, ou seja, ela pode sofrer alterações ao longo do tempo desde que devidamente acompanhadas pela equipe multidisciplinar de Segurança Alimentar da empresa e validadas através das mesmas

análises que foram feitas inicialmente. Sempre que houver um aumento no tempo limite de produção de determinado produto, ele deve ser feito em incrementos de tempo sendo que estes devem ser menores do que o intervalo de tempo total que desejamos aumentar no tempo de produção limite daquele produto. Se as análises confirmarem que aquele novo tempo é seguro, ou seja, que o refrigerante produzido naquele período aumentado não apresentou contaminação microbiológica, pode-se estender o tempo de produção do sabor. Esse procedimento de aumento de período produtivo será discutido para o refrigerante a base de laranja logo na sequência.

4.1 Análises Microbiológicas

As análises apresentadas neste estudo referem-se a amostras de produto final de todas as produções dos sabores estudados realizadas nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2013. A frequência de amostragem utilizada foi de uma amostra por batelada produzida de cada produto.

Historicamente as análises não apresentam contagens de microrganismos tais como bolores, leveduras, coliformes e bactérias lácticas e isso não foi diferente no período estudado. Problemas de eficácia da limpeza das tubulações normalmente são apresentados através de contaminações do produto por bactérias. No entanto, mesmo essas contaminações sendo o principal indicativo de problemas na eficácia da limpeza, estas normalmente desaparecem em um intervalo de 48 a 72 horas devido às características físico-químicas do líquido em questão. Sendo assim, todas as amostras fora de especificação foram reanalisadas após esse período e posteriormente liberadas.

A Figura 7 apresenta os resultados das análises microbiológicas referentes às contagens de bactérias totais presentes nos produtos à base de cola, enquanto a Figura 8 apresenta os mesmos resultados para o refrigerante à base de guaraná.

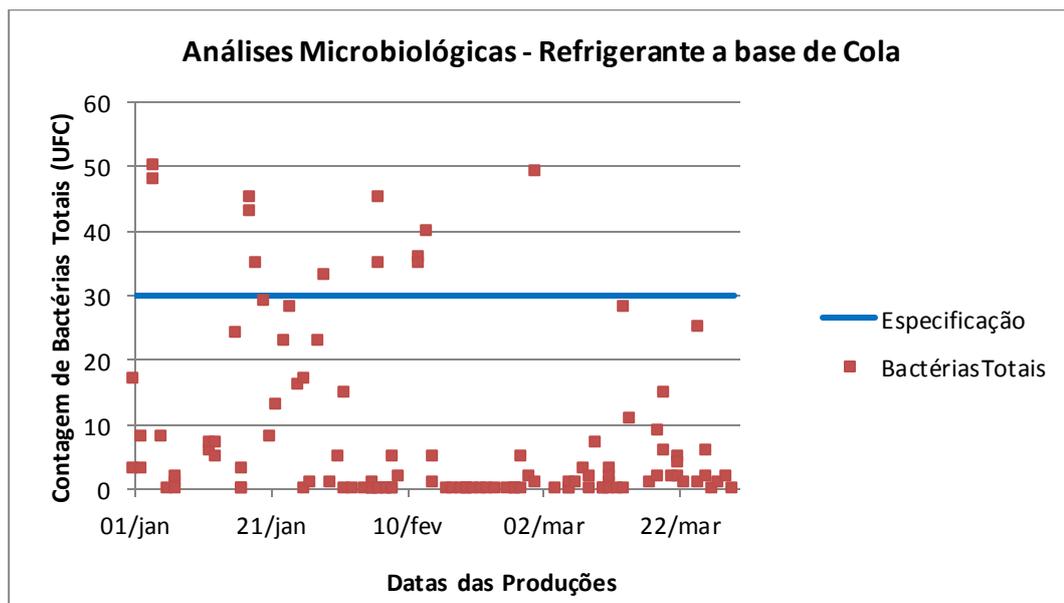


Figura 7: Contagem de Bactérias no Refrigerante a base de Cola

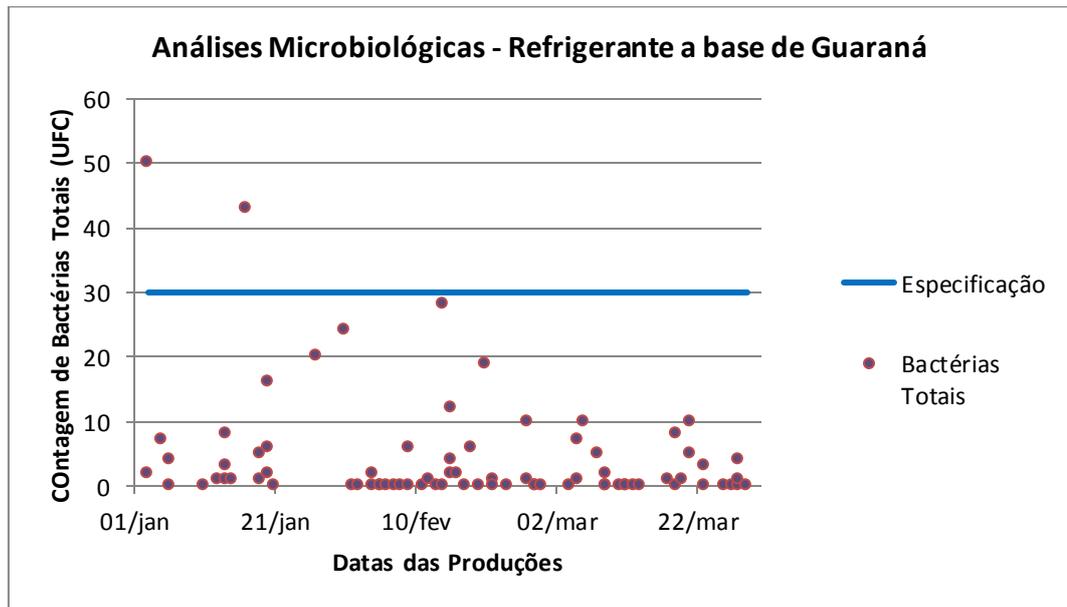


Figura 8: Contagem de Bactérias no Refrigerante a base de Guaraná

Pode-se observar que o limite de especificação é o mesmo para os dois sabores. Apesar dos produtos apresentarem características físico-químicas e tempos limites de produção distintos, eles não são considerados uma ameaça em termos de contaminações microbiológicas e por isso a especificação aceita uma contagem um pouco maior de bactérias do que a aceita nos refrigerante à base de laranja. A Figura 9 apresenta os resultados das contagens de bactérias totais para os produtos à base de laranja e nos permite observar que o limite tolerado é de fato menor do que para os outros dois sabores.

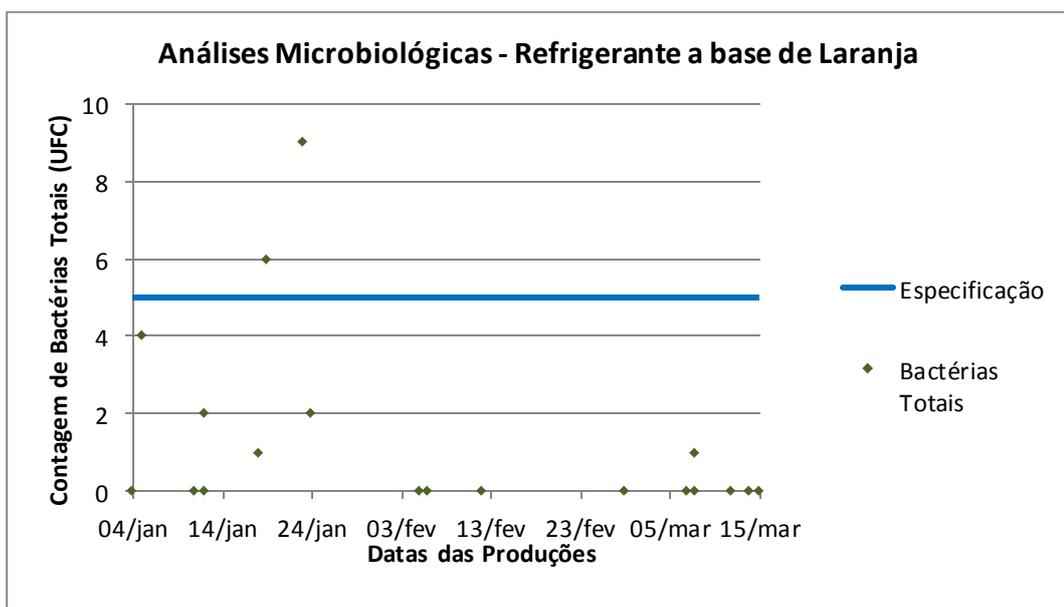


Figura 9: Contagem de Bactérias no Refrigerante a base de Laranja

Observando as Figuras 7,8 e 9, é possível verificar que os dois sabores com menor tempo de produção apresentam um número muito menor de amostras contaminadas por bactérias no período estudado. Tal fato pode ser relacionado justamente a essa diferença no tempo limite de produção desses produtos. Um menor tempo entre as limpezas, sendo elas CIPs ou enxágues, expõe as linhas de produção a um regime turbulento mais frequente impedindo que sejam formados biofilmes mais estáveis e mais difíceis de ser removidos. Um tempo de produção mais alongado, como é o caso dos refrigerantes a base de cola, acaba mantendo o sistema mais tempo em regime laminar e favorece a estabilização dessas colônias de microrganismos, fato que pode ser verificado nas análises apresentadas na Figura 7. Os níveis ainda menores de contaminações apresentados para o sabor a base de laranja podem ser relacionados à limpeza mecânica, *scrubbing*, que antecede e sucede todas as produções. Essa ação mecânica também impede que os biofilmes estabilizem-se.

Observando as três figuras juntas pode-se observar que o número de amostras contaminadas por bactérias é tão menor quanto maior for o tempo e o cuidado dedicados aos procedimentos de assepsia (tempos menores de produção e limpezas mecânicas).

4.2 Volume de Efluente Gerado

Os diferentes procedimentos de limpeza adotados para as trocas de sabor bem como os volumes de refrigerante produzidos em cada produção dos diversos tamanhos de embalagens geram uma proporção diferente de volume de efluente gerado por volume de refrigerante produzido. Esta variação de acordo com cada sabor e também com cada tamanho de embalagem disponível na indústria estudada será analisada nas tabelas que serão apresentadas na sequência deste trabalho.

A Tabela 9 apresenta o percentual médio de efluente produzido tanto para cada um dos sabores estudados quanto para a indústria em questão como um todo durante o período em que o estudo foi realizado.

Tabela 9: Percentual Médio de Efluente produzido por Sabor Estudado

Produto	Produção (L)	Efluente (L)	E/P (%)
Total Cola	27499119	570000	2,07%
Total Laranja	2977609	110000	3,69%
Total Guaraná	21309753	525000	2,46%
Total Geral	51786481	1205000	2,33%

A Tabela 10 apresenta esses percentuais médios distribuídos por tamanho de embalagem e também por mês de produção para o refrigerante a base de cola, sempre associando o volume de efluente gerado ao volume de refrigerante produzido para cada um dos tamanhos em cada um dos meses.

Tabela 10: Percentual Médio de Efluente produzido para o Refrigerante à base de Cola

Refrigerante a base de Cola				
Mês	SKU	Volume Produzido (L)	Volume de Efluente (L)	E/P (%)
Janeiro	284 mL	382112	85000	22,24
	600 mL	22291	5000	22,43
	1,50 L	748755	20000	2,67
	2,00 L	1221728	15000	1,23
	2,25 L	590652	10000	1,69
	2,50 L	3295215	25000	0,76
Fevereiro	284 mL	421720	85000	20,16
	600 mL	344729	25000	7,25
	1,50 L	-	-	-
	2,00 L	3770368	25000	0,66
	2,25 L	241056	5000	2,07
	2,50 L	4112082	55000	1,34
Março	284 mL	507649	95000	18,71
	600 mL	-	-	-
	1,50 L	551961	25000	4,53
	2,00 L	7854848	60000	0,76
	2,25 L	247671	10000	4,04
	2,50 L	3186282	25000	0,78

Tabela 11: Percentual Médio de Efluente produzido para o Refrigerante à base de Guaraná

Refrigerante a base de Guaraná				
Mês	SKU	Volume Produzido (L)	Volume de Efluente (L)	E/P (%)
Janeiro	284 mL	322287	55000	17,07
	600 mL	637956	35000	5,49
	1,50 L	642483	10000	1,56
	2,00 L	2782480	45000	1,62
	2,25 L	303412	5000	1,65
	2,50 L	1840110	15000	0,82
Fevereiro	284 mL	218200	40000	18,33
	600 mL	2027016	70000	3,45
	1,50 L	-	-	-
	2,00 L	4022432	75000	1,86
	2,25 L	533034	10000	1,88
	2,50 L	1402710	30000	2,14
Março	284 mL	249711	35000	14,02
	600 mL	-	-	-
	1,50 L	834345	20000	2,40
	2,00 L	4166236	50000	1,20
	2,25 L	320706	5000	1,56
	2,50 L	1006635	25000	2,48

Tabela 12: Percentual Médio de Efluente produzido para o Refrigerante à base de Laranja

Refrigerante a base de Laranja				
Mês	SKU	Volume Produzido (L)	Volume de Efluente (L)	E/P (%)
Janeiro	284 mL	41823	10000	23,91
	600 mL	121068	10000	8,26
	1,50 L	-	-	-
	2,00 L	1820512	20000	1,10
	2,25 L	-	-	-
	2,50 L	-	-	-
Fevereiro	284 mL	42379	10000	23,60
	600 mL	136274	10000	7,34
	1,50 L	-	-	-
	2,00 L	-	-	-
	2,25 L	-	-	-
	2,50 L	106965	20000	18,70
Março	284 mL	-	-	-
	600 mL	-	-	-
	1,50 L	-	-	-
	2,00 L	618768	20000	3,23
	2,25 L	-	-	-
	2,50 L	89820	10000	11,13

Os dados obtidos mostram que a relação entre o volume de efluente gerado e o volume de refrigerante produzido quase sempre aumenta com a diminuição do tamanho da embalagem escolhida para o envase daquele produto. A relação independe do sabor estudado e é verdadeira para cada um dos três. Este fato deve-se a capacidade de envase das enchedoras disponíveis na indústria, visto que a velocidade das mesmas normalmente é limitada de acordo com o modelo da máquina e é medida em garrafas/hora.

A velocidade da enchedora é um parâmetro que independe do sabor que está sendo envasado e varia levemente de acordo com o tamanho da embalagem em questão, aumentando quando a embalagem escolhida diminui. Esta variação não é o suficiente para compensar, por exemplo, a troca de uma produção de garrafas de 2,5L para uma produção de garrafas de 0,5L.

A análise dos dados abertos para os diferentes tamanhos de embalagem mostra que o cenário pode ser pior em alguns casos e melhor em outros dependendo do tamanho da embalagem analisada, como, por exemplo, para as garrafas de vidro (284mL) nas quais a relação entre o volume de efluente produzido e o volume de refrigerante envasado não baixa dos 17%, ou seja, são produzidos pelo menos 17L de efluente para cada 100L de refrigerante engarrafados.

Quando o percentual total por sabor é analisado, observa-se que o número está intimamente ligado ao tempo limite de produção dos sabores, ou seja, quanto menor for o tempo que o sabor pode ser produzido sem que seja feito algum procedimento de limpeza pior será a relação.

O refrigerante a base de laranja, por exemplo, tem o menor tempo independente de produção e apresenta uma relação E/P de 3,69%, o que significa dizer que na média são produzidos 3,69L de efluente para cada 100L de refrigerante. A relação melhora para os sabores com maior do tempo de produção, mas é expressiva para todos eles.

4.3 Propostas de Melhorias

Duas propostas de melhorias são apresentadas visando à redução do volume de efluente gerado sem prejudicar a segurança alimentar e a qualidade do refrigerante produzido.

A primeira dessas propostas refere-se à inclusão de um quinto tanque na estação de CIP utilizada nesse segmento da indústria, enquanto a segunda delas trata do aumento do tempo limite de produção do refrigerante à base de laranja através da validação dessa mudança com os resultados de análises microbiológicas do produto acabado.

O tempo de circulação das soluções não consiste em uma opção discutida como proposta de melhoria, visto que isso poderia comprometer a eficácia da limpeza ou até mesmo colocar em risco a saúde do consumidor expondo-o a contaminações químicas devido ao residual de, por exemplo, solução caustica se o enxágue após a circulação da mesma fosse reduzido e que requereria um estudo diferenciado para sua validação envolvendo concentrações residuais produtos químicos e também comportamento de eventuais biofilmes formados na tubulação sob um tempo menor de turbilhonamento.

✓ Proposta 1: Alteração no *Layout* da Estação de CIP

A mudança proposta no layout da estação de CIP prevê a inclusão de um quinto tanque na sua conformação. Esse quinto tanque será responsável pelo armazenamento da água utilizada no último enxágue do procedimento (aquele responsável pelo resfriamento da tubulação após a circulação de vinte minutos de água quente) e esta será utilizada para o enxágue inicial do CIP seguinte.

O reaproveitamento proposto nessa alteração não colocará em risco a efetividade do procedimento de limpeza, uma vez que não alterará os tempos das etapas e reutilizará um líquido que foi utilizado para o resfriamento das tubulações e máquinas da linha produtora de refrigerantes que acabaram de ser sanitizadas (portanto estará limpo) para retirar resíduos de produto dessa mesma linha, ou de alguma outra, antes da parte efetiva da limpeza ser realizada.

O montante de economia de água devido a essa alteração será tão grande quanto for o volume de seus tanques. Normalmente, todos os tanques que compõem uma estação de CIP são do mesmo tamanho devem comportarem 150% do volume da linha produtora para garantir a limpeza adequada da mesma.

Na empresa onde o levantamento foi realizado, os tanques da estação tem 3000L de capacidade e na Tabela 13 pode-se observar a economia que a inclusão de um único tanque na mesma será capaz de trazer levando em conta o número de procedimentos realizados nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março de 2013, o volume total de efluente

gerado por eles nesses meses e o volume de economia potencial trazido pela inclusão desse tanque.

Tabela 13: Redução do Volume de Efluente com a Alteração da Estação de CIP

Tipo de Refrigerante	Mês	Número de CIPs	Volume de Efluente (L)	Economia Potencial (L)	Redução (%)
Refrigerante a base de Cola	JAN	20	160000	60000	37,50
	FEV	23	195000	69000	35,38
	MAR	28	215000	84000	39,07
Refrigerante a base de Guaraná	JAN	23	165000	69000	41,82
	FEV	26	225000	78000	34,67
	MAR	17	135000	51000	37,78
Refrigerante a base de Laranja	JAN	5	40000	15000	37,50
	FEV	3	40000	9000	22,50
	MAR	2	30000	6000	20,00
Total		147	1205000	441000	36,60

Na Tabela 13, pode-se observar o que a alteração proposta na Figura 10 pode trazer em termos de diminuição na geração de resíduos líquidos no processo de limpeza da indústria produtora de refrigerantes. Os dados apresentados na Tabela 13 foram essenciais para a implementação da mudança de *layout*. Realizada em Maio de 2013 na empresa em que o estudo foi realizado. Dados semelhantes já haviam sido levantados quando o projeto começou a ser considerado uma possibilidade no final de 2011.



Figura 10: Estação CIP com 5 Tanques

Fonte: Empresa onde os dados foram coletados, 2013.

A instalação do novo *layout* da estação de CIP (Figura 10) permitiu que a maneira como a limpeza CIP era realizada fosse alterada através da reutilização da água do último

enxágue de um procedimento para o enxágue inicial do procedimento seguinte como podemos observar comparando a Figura 11 com a Figura 12.

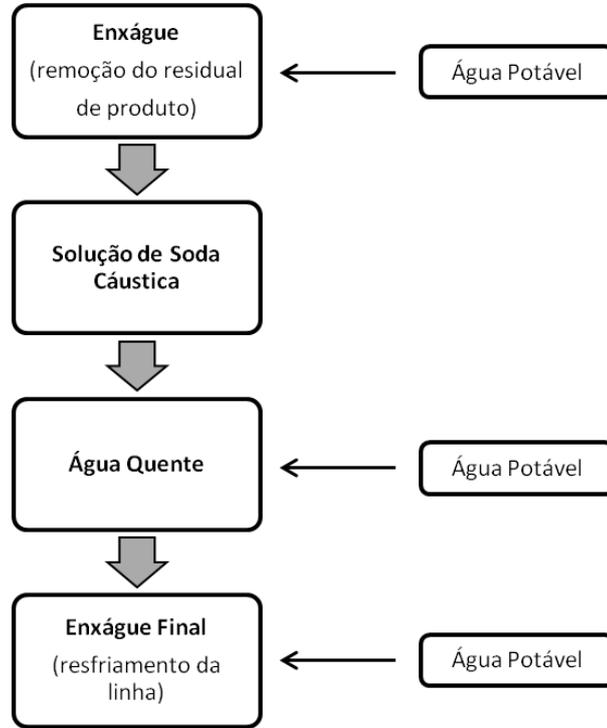


Figura 11: Limpeza CIP antes da alteração da Estação

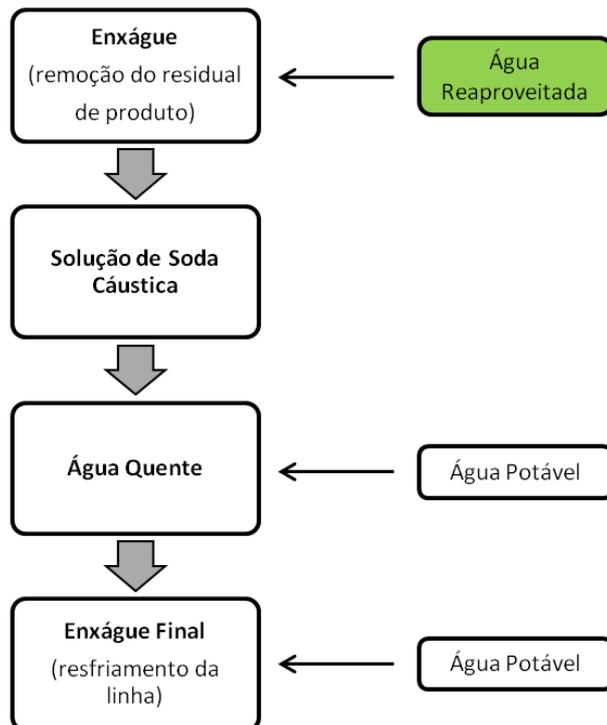


Figura 12: Limpeza CIP depois da alteração da Estação

A redução média apresentada na Tabela 13 seria em torno de 30% para os sabores estudados durante os meses em que os dados foram coletados. Na Tabela 14, é possível observar o que esta mudança traria na relação entre o volume de efluente gerado versus o volume de efluente produzido para cada sabor.

Tabela 14: Redução da Relação %E/P com a Alteração da Estação de CIP

Produto	Volume de Produto (L)	Volume de Efluente (L)	E/P (%) (antes)	Economia Potencial (L)	E/P (%) (potencial)
Refrigerante a base de Cola	27499119	570000	2,07	213000	1,30
Refrigerante a base de Guaraná	21309753	525000	2,46	198000	1,53
Refrigerante a base de Laranja	2977609	110000	3,69	30000	2,69
Total	51786481	1205000	2,33	441000	1,48

Ambas as tabelas (Tabela 13 e Tabela 14) mostram que a redução do volume de efluente gerado com a alteração do *layout* da estação de CIP é bastante significativa independente da maneira como for analisada e pode ser observada na Figura 13 .

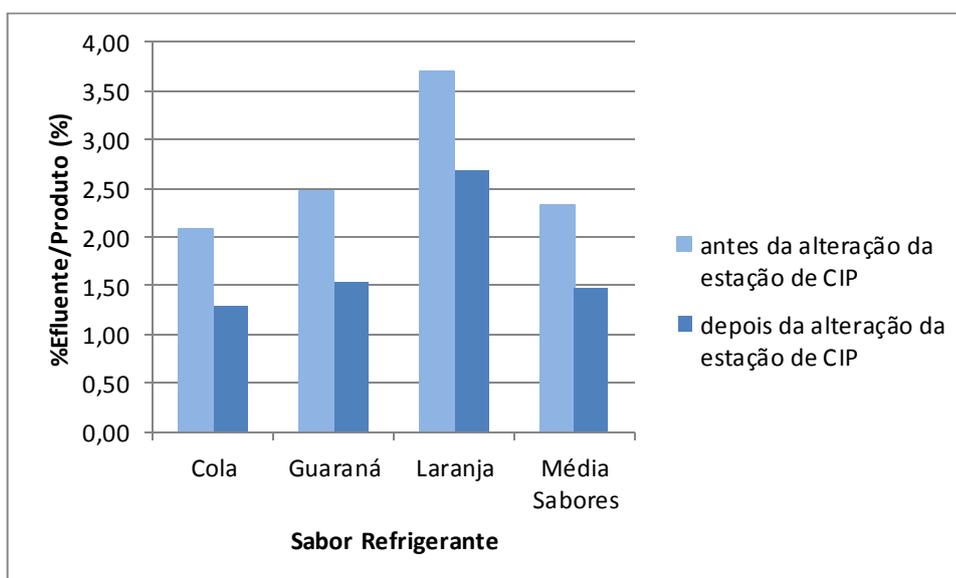


Figura 13: Redução em percentual da relação Efluente/Produto causada pela alteração da estação de CIP.

✓ Proposta 2: Aumento do Tempo Limite de Produção do Refrigerante à base de Laranja

A Tabela 12 apresenta os dados levantados durante as produções do refrigerante à base de laranja e nela foram destacadas em laranja duas linhas (estes dados são novamente apresentados na Tabela 15).

No mês de Março de 2013, foi realizado um estudo para o aumento do tempo limite de produção do refrigerante sabor laranja. Através dos dados apresentados na Tabela 15, pode-se observar uma redução de 7,5% na relação de volume de efluente gerado versus volume de efluente produzido com esse aumento de tempo produtivo.

Tabela 15: Alteração da Relação %E/P para o Refrigerante à base de Laranja com diferentes Tempos de Produção

Mês	SKU	Volume Produzido (L)	Volume de Efluente (L)	E/P (%)	Tempo de Produção (h)
Fevereiro	2,50 L	106965	20000	18,70	24
Março	2,50 L	89820	10000	11,13	36

Para a validação desse novo tempo de produção, seguiu-se um protocolo interno visando não liberar para venda o produto sem que a empresa tivesse certeza de que ele não pudesse causar qualquer dano à saúde do consumidor devido a alguma contaminação microbiológica causada pelo aumento desse tempo. As primeiras 24 horas de produção transcorreram normalmente, depois de vencidas essas 24 horas, foram coletadas amostras de refrigerante na saída da enchedora a cada duas horas até o término da mesma. A produção foi retida e o produto foi analisado no laboratório de microbiologia. Após 5 dias, todos os resultados das análises já estavam disponíveis.

Na Tabela 16 são apresentadas as contagens de microrganismos para as amostras coletadas durante o teste para aumento do tempo produtivo.

Tabela 16: Resultados das Análises para o Aumento do Tempo de Produção do Refrigerante à base de Laranja

hora	BT	BOL	LEV	BA	CT
24	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0
30	1	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0

BT: bactérias totais

BOL: bolores

LEV: leveduras

BA: bactérias acidúricas

CT: coliformes totais

contagens feitas em UFC/100mL de produto onde UFC = unidades formadoras de colônias

Com base nos resultados das análises apresentados na Tabela 16, a produção que estava retida foi liberada e o aumento do tempo de produção limite do refrigerante à base de laranja aumentou de 24 para 36 horas fato que contribuirá para a redução no volume de efluente gerado nas produções desse sabor como mostrado na Tabela 15.

5 Conclusões

A análise dos dados obtidos no presente estudo mostra que o volume de efluentes líquidos gerados no processo de envase dos refrigerantes está intimamente ligado à garantia da segurança alimentar do produto final e à sua qualidade. Este fato pode ser observado através da análise das contagens de bactérias totais nos três produtos analisados. Observa-se que, quanto maior o tempo de produção de um sabor sem que seja realizado um CIP, maiores são as incidências de contagens superiores à especificação.

No entanto, o estudo também mostrou que existem oportunidades de redução do volume de efluente gerado sem que a segurança alimentar do refrigerante seja prejudicada. As propostas sugeridas para estas reduções não envolveram a alteração dos tempos de circulação das soluções da limpeza CIP, visto que para isso seriam necessárias análises diferenciadas e, no caso da empresa em que o estudo foi realizado, validação da área corporativa responsável pela segurança alimentar.

A implementação das duas propostas de melhoria apresentadas neste trabalho comprovou que a redução do volume de efluente líquido gerado pelas águas decorrente dos processos de limpeza realizados na etapa de envase do refrigerante é factível e eficaz e que esta não precisa necessariamente colocar em risco a qualidade do produto (fato que pode ser acompanhado através das análises microbiológicas do refrigerante apresentadas ao longo do estudo).

6 Referências

ABIRa – Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não-Alcoólicas. Pesquisas do Setor. Disponível em: <<http://abir.org.br/categoria/o-setor/pesquisas/>>. Acesso em: 26 abril 2013.

ABIRb – Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não-Alcoólicas. Pesquisas do Setor. Disponível em: <<http://www.abir.org.br>>. Acesso em: 02 abril 2013.

ALVES, Competitividade e inovação na indústria de refrigerantes no mercado brasileiro. Disponível em: <http://www.unicap.br/ccs/20041/monog_carolineveloso.pdf>. Acesso em: 31 abril 2011.

AMBEVa – Companhia de Bebidas da América. Refrigerantes. Disponível em: <<http://www.ambev.com.br/pt-br/nossas-marcas/refrigerantes/guarana-antarctica/guarana-antarctica>>. Acesso em: 26 abril 2013.

AMBEVb – Companhia de Bebidas da América. Guaraná Antarctica Ice. Disponível em: <<http://www.ambev.com.br/pt-br/nossas-marcas/refrigerantes/guarana-antarctica/guarana-antarctica-ice>>. Acesso em: 14 abril 2013.

AMBEV – Companhia de Bebidas da América. Disponível em: <<http://www.ambev.com.br/pt-br>>. Acesso em: 31 abril 2013.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico par Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Refrigerante, 1998. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=15144>>. Acesso em: 26 abril 2011.

BRASIL ESCOLA. História do Refrigerante. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/curiosidades/historia-do-refrigerante.htm>>. Acesso em: 26 abril 2013.

BARTZ, S.; TONDO, C.E. Microbiologia e Sistemas de Gestão da Segurança de Alimentos. Porto Alegre: Sulina, 2011.

DORNELAS, José. Empreendedorismo. Disponível em: <<http://www.josedornelas.com.br/artigos>>. Acesso em: 23 de junho de 2013.

DUAS RODAS INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.duasrodas.com.br/index.php>>. Acesso em: 03 maio 2013.

DUDA, R. Elaboração de xarope simples e composto. Ambev. Curitiba, 2000.

EUROMONITOR. América latina é o maior consumidor regional de carbonatos. Disponível em: <<http://blog.euromonitor.com/2011/01/am%C3%A9rica-latina-%C3%A9-o-maior-consumidor-regional-de-carbonatos.html>>. Acesso em: 27 abril 2013.

GRAPETTE. Disponível em: <<http://www.grapette.com/>>. Acesso em: 03 maio 2013.

- GUARANÁ ANTARCTICA. Produtos. Disponível em: <<http://www.guaranaantarctica.com.br/produtos/guarana-antarctica.aspx>>. Acesso em: 26 abril 2013.
- GUILHERME, H.D. Produção de Xarope Simples e Xarope Composto. In: Curso de Tecnologia de Refrigerantes. Ambev. Vassouras, 2003.
- IBOPE. Mídia, notícias, consumo. Disponível em: <www.ibope.com.br>. Acesso em 28 abril 2013.
- INCA-KOLA. Disponível em: <<http://www.incakola.com.pe>>. Acesso em: 03 maio 2013.
- JAY, M. Microbiologia de Alimentos. 6ª Ed. Editora Artmed, 2005.
- KRONES. Manual Técnico de Mixer Tipo MS. São Paulo, 1999.
- LIMA, Ana Carla da Silva; AFONSO, Júlio Carlos. A Química do Refrigerante. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc31_3/10-PEQ-0608.pdf>. Acesso em: 26 abril 2013.
- LIMA, F. Enchedoras. In: Curso de Supervisão de Packaging. Ambev. Rio de Janeiro, 2001.
- MAGHELY, Eduardo; NASCIMENTO, Glauce; RAMOS, Marcos; DA SILVA, Leandro Soares; CRUZ, Luiz Gustavo; QUINTELLA, Heitor M. Estratégia de Marketing no Mercado dos Refrigerantes Cola. Disponível em: <<http://www.rij.eng.uerj.br/research/2008/rm084-02.pdf>>. Acesso em: 12 abril 2013.
- MAZZER C., CAVALCANTI O. A. Introdução a gestão ambiental de resíduos. Infarma, v.16, nº 11 – 12, 2004. Maringá, PR. Disponível em: <<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i04-aintroducao.pdf>> Acesso em: 14 de junho de 2011.
- MORAES, E.S.N. Manual de Boas Práticas de Fabricação. São Paulo. Ambev, 2003.
- MORRIS, J.B. Manufacture and Analysis of Carbonated Beverages. Chemical Publishing CO. Nova York, 1959.
- NASCIMENTO, F.H. Tratamento de xarope simples. AmBev. São Paulo, 1999.
- PEREIRA, A.A. Analisadores Maselli e GAC. In: Curso de Tecnologia de Refrigerantes. Ambev. Vassouras, 2001.
- PEREIRA, A.A. Mixer. In: Curso de Supervisão de Packaging. Ambev. Rio de Janeiro, 2001.
- POLISSENI, L. A ameaça dos produtos substitutos ao leite. Disponível em: <<http://74.125.47.132/search?q=cache:KvOSeA9tJXQJ:www.cnpqgl.embrapa.br/panorama/especial12.html+consumo+per+capita+de+refrigerantes+brasil&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 27 abril 2011.
- SANTANA, R. Fabricação de Xarope Simples/Composto. In: Curso de Tecnologia de Refrigerantes. Ambev. Vassouras, 2000.

SANTOS, M. S.; RIBEIRO, F. M. Cervejas e refrigerantes. São Paulo: CETESB, 2005. 58p. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 14 de junho de 2013.

SETOR 1. Bebidas – História, Ingredientes, Produção. Disponível em: <http://www.setor1.com.br/bebidas/refrigerantes/his_torico.htm>. Acesso em: 26 abril 2013.

SILVA, D.H. Sistema de Lavagem de Garrafas, PET e Latas. In: Curso de Supervisão de Packaging. Ambev. Rio de Janeiro, 2001.

SOMMER, F. Padrão Técnico Industrial: Mixer, Enchedora, Arrolhador, Lavadora. Ambev. São Paulo, 2003.

TORREÃO, Lucros borbulhantes e refrescantes. N. 45, Julho, 2003. Disponível em: <<http://www.revistapronews.com.br/edicoes/45>>. Acesso em 12 abril 2013.

TRIERWEILER, J. O. A Systematic Approach to Control Structure Design.1 ed. Aachen / Alemanha : Shaker Verlag (ISBN 3-8265-3031-4, ISSN 0948-7018), 1997, v.1/97. p.179.

UNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/default.asp>>. Acesso em: 03 maio 2013.

VARNAM, A.H., SUTHERLAND, J.P. Bebidas – Tecnología, Química y Microbiología. Acribia: Zaragoza, 1994.

VONPAR. Panorama do Setor de Bebidas. Disponível em: <http://www.federasul.com.br/arquivos/TM_Ricardo%20Vontobel_25.06_Vompar.pdf>. Acesso em: 27 abril 2013.

WHITE MARTINS. Alimentos e Bebidas – Soluções Inteligentes. Disponível em: <<http://www.praxair.com/sa/br/bra.nsf/AllContent/EB4B2468B4EC8C3D85257243005D79A1?OpenDocument&URLMenuBranch=27C5C3A87734BC178525725E000F5475>>. Acesso em: 03 maio 2013.