

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Tecnologia de Alimentos

**Avaliação de Processo de Carbonatação de Água
de Coco (*Cocus nucifera L.*)**

Marina Costa da Silva

Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria

Orientador

Campinas-SP, 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

Si38a Silva, Marina Costa da
Avaliação de processo de carbonatação de água de coco (*Cocus nucifera* L.) / Marina Costa da Silva. -- Campinas, SP [s.n.], 2009.

Orientador: José de Assis Fonseca Faria
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos

1. Água de coco. 2. Avaliação sensorial. 3. Carbonatação. 4.
Bebidas carbonatadas. I. Faria, José de Assis Fonseca. II.
Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de
Alimentos. III. Título.

(cars/fea)

Título em inglês: Evaluation of a carbonation process for coconut water (*Cocus nucifera* L.)

Palavras-chave em inglês (Keywords): Coconut water, Sensory evaluation, Carbonation, Soft drink

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora: José de Assis Fonseca Faria

Valéria Christina Amstalden Junqueira

Rodrigo Rodrigues Petrus

Programa de Pós Graduação: Programa em Tecnologia Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Dr. José de Assis Fonseca Faria
DTA/FEA UNICAMP

Dra. Valéria Christina Amstalden Junqueira
Laboratório de Microbiologia/ ITAL

Dr. Rodrigo Rodrigues Petrus
Departamento de Engenharia de Alimentos/USP

Dr. Flávio Luis Schmidt
DTA/ FEA UNICAMP

Dra. Maria Aparecida A. P. Silva
DEPAN/ FEA UNICAMP

*Dedico esta conquista aos meus
grandes incentivadores e apoiadores, meus
pais Maria Soares e Mariano Costa (in memorium).*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS por todas as conquistas pessoais, profissionais e espirituais alcançadas;

Aos meus pais pelo amor, apoio e dedicação nas principais fases da minha vida;

À Universidade Estadual de Campinas e ao Departamento de Tecnologia de Alimentos;

Ao CNPq e a FAPESP pelas bolsas concedidas (mestrado e auxílio a pesquisa);

Ao Prof. José de Assis, pela orientação, amizade e empenho durante a realização deste trabalho;

Aos professores membros da banca examinadora pelas orientações durante os experimentos e a colaboração no enriquecimento deste trabalho;

Aos técnicos dos laboratórios: Alice, Ana Lourdes, Renata, Ana Koon, Bernadete, pelo auxílio, paciência e amizade.

Aos funcionários do centro de informática: Estefani e Ricardo.

Aos funcionários da biblioteca da FEA, em especial a Cleuza.

Aos amigos pelo apoio, incentivo e carinho em especial: Rachel, Ana Patrícia, Carlos e Milena.

A todos os provadores que participaram dos testes sensoriais;

As empresas SUMÁ, 3M, Bericap, Sandet, Minalba e Symirise.

E aos estagiários,

OBRIGADA

PENSAMENTOS

A idade de ser feliz

Existe somente uma idade para a gente ser feliz, somente uma época na vida de cada pessoa em que é possível sonhar e fazer planos e ter energia bastante para realizá-los a despeito de todas as dificuldades e obstáculos.

Uma só idade para a gente se encantar com a vida e viver apaixonadamente e desfrutar tudo com toda intensidade sem medo nem culpa de sentir prazer.

Fase dourada em que a gente pode criar e recriar a vida à nossa própria imagem e semelhança e vestir-se com todas as cores e experimentar todos os sabores e entregar-se a todos os amores sem preconceito nem pudor.

Tempo de entusiasmo e coragem em que todo desafio é mais um convite à luta que a gente enfrenta com toda disposição de tentar algo NOVO, de NOVO e de NOVO, e quantas vezes for preciso.

Essa idade tão fugaz na vida da gente chama-se PRESENTE e tem a duração do instante que passa.

(Mário Quintana)

A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO	15
SUMMARY	16
1.0 INTRODUÇÃO	17
2.0 OBJETIVOS	19
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1 MERCADO DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS NO BRASIL	20
3.2 ÁGUA DE COCO	22
3.2.1 Mercado no Brasil	24
3.2.2 Características físico-químicas	24
3.2.3 Características nutricionais	25
3.3 INDUSTRIALIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO	26
3.3.1 Boas práticas de fabricação	27
3.3.2 Alterações microbiológicas de sucos e bebidas carbonatadas	30
3.3.3 Alterações de coloração e/ou escurecimento da água de coco	32
3.4 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA INDUSTRIALIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO	34
3.4.5 Conservação de água de coco por refrigeração	34
3.4.6 Conservação de água de coco por congelamento	35
3.4.7 Conservação de água de coco por processo UHT	36
3.4.8 Conservação de água de coco por processo de filtração	36
3.5 TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO DE BEBIDAS	37
3.6 ADITIVOS QUÍMICOS	39
3.6.1 Acidulantes	39
3.6.2 Conservadores	40
3.6.3 Adoçantes/edulcorantes	40
3.7 FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR NA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO CARBONATADA	41
3.8 CARBONATAÇÃO	42

3.8.1 Tipos de carbonatadores	44
3.9 EMBALAGENS	45
4.0 MATERIAL E MÉTODOS	46
4.1 MATERIAL	46
4.1.1 Desenvolvimento da formulação de água de coco carbonatada	46
4.1.1.1 Coco verde	46
4.1.1.2 Ingredientes da formulação	47
4.1.2 Limpeza e Sanitização - Produtos Químicos	47
4.1.3 Extrator de água de coco	48
4.1.4 Elemento Filtrante	49
4.1.5 Equipamento de pasteurização	49
4.1.6 Kits de carbonatação manuais	49
4.1.6 Equipamento de Carbonatação – Experimentos finais	50
4.1.7 Embalagem	51
4.2 METODOLOGIA	51
4.2.1 Escolha do elemento filtrante	52
4.2.2 Avaliação dos KITS de carbonatação manual	53
4.2.3 Desenvolvimento da formulação de água de coco carbonatada	53
4.2.3.1 Higienização dos cocos	53
4.2.3.2 Limpeza e sanitização dos equipamentos	53
4.2.3.3 Processamento	55
4.2.3.4 Análises microbiológicas	57
4.2.3.5 Avaliação Sensorial	58
4.2.4 Processos preliminares	60
4.2.5 Processamento dos experimentos finais	61
4.2.5.1 Higienização dos cocos	61
4.2.5.2 Extração da água de coco	61
4.2.5.3 Ajuste da formulação	61
4.2.5.4 Clarificação	62

4.2.4.5 Tratamento térmico e resfriamento	62
4.2.5.6 Carbonatação e envase	62
4.2.6 Análises da água de coco carbonatada	62
4.2.6.1 Volume de carbonatação	62
4.2.6.2 Potencial de Hidrogênio	63
4.2.6.3 Acidez Total Titulável	63
4.2.6.4 Sólidos Solúveis	63
4.2.6.5 Ácido ascórbico	63
4.2.6.6 Cor e Turbidez	63
4.2.6.7 Atividade Enzimática	64
4.2.6.8 Oxigênio dissolvido	65
4.2.6.9 Análises Microbiológicas	65
4.2.7 Caracterização das Embalagens	66
4.2.7.1 Dimensionamento das embalagens	67
4.2.7.2 Peso das garrafas	67
4.2.7.3 Capacidade volumétrica	67
4.2.7.4 Determinação da permeabilidade da embalagem ao oxigênio	67
4.2.7.5 Perda de gás carbônico	68
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1 ESCOLHA DO ELEMENTO FILTRANTE	68
5.2 KITS DE CARBONATAÇÃO MANUAL	70
5.3 DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO DE ÁGUA DE COCO CARBONATADA	71
5.3.1 Análises microbiológicas	71
5.3.2 Avaliação Sensorial	72
5.4 AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE CARBONATAÇÃO	77
5.5 AVALIAÇÃO DOS TESTES PRELIMINARES	77
5.5.1 Resultados obtidos no teste preliminar A	78
5.5.2 Resultados obtidos no teste Preliminar B	81
5.5.3 Resultados obtidos no teste preliminar C	83
5.5.3.1 Análises microbiológicas	83
5.5.3.2 Observações visuais	85

5.5.3.3 Análises físico-químicas	85
5.6 AVALIAÇÃO DOS LOTES FINAIS	87
5.6.1 Análises microbiológicas	87
5.6.2 Análises físico químicas	96
5.6.2.1 Teor de oxigênio dissolvido na água de coco carbonatada	105
5.6.3 Observações Visuais – experimentos finais	106
5.7 CARACTERIZAÇÃO DAS EMBALAGENS	106
5.7.1 Dimensionamento das embalagens	106
5.7.2 Peso das embalagens e capacidade volumétrica	107
5.7.3 Determinação da permeabilidade do sistema de embalagem ao oxigênio	107
6.0 CONCLUSÕES	108
7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXO I	124
ANEXO II – CARBONATAÇÃO TABELAS DE VOLUME.	125

ÍNDICE DE QUADROS E FIGURAS

1.0	Perfil do mercado de refrigerantes no Brasil	20
2.0	Participação dos diferentes tipos de embalagens na comercialização de refrigerantes em 2008	21
3.0	Volume de vendas/consumo (litros/milhão) de bebida isotônica	22
4.0	Espectro de filtração	37
5.0	Reação de CO ₂ em água	43
6.0	Detalhamento do sistema de extração de água de coco	48
7.0	Kits de carbonatação manuais	50
8.0	Unidade de Carbonatação e envase	51
9.0	Kit para verificar a eficiência do elemento filtrante	52
10	Fluxograma do processo de carbonatação da água de coco para estudos sensoriais	57
11	Elementos filtrante de celulose ZETA PLUS®	70
12	Elementos filtrante de polipropileno PolyNet TM	70
13	Análise de volume de carbonatação e as médias sensoriais	72
14	Ideal de carbonatação (mesmo °Brix e diferentes volumes de carbonatação)	73
15	Análises de regressão linear entre os níveis de sacarose e as médias sensoriais	75
16	Amostras com volume de carbonatação fixo e diferentes concentrações de sólidos solúveis °Brix	76
17	Borracha de vedação de um dos pontos de contaminação	94
18	Localização da posição da borracha de vedação da figura anterior	95
19	Ponto de contaminação no vedante da câmara de carbonatação	95
20	Ponto de contaminação cruzada na parte interna da câmara de enchimento	96
21	Variação de pH e Brix da água de coco carbonatada estocada em	100

temperatura ambiente – Experimento I

22	Variação de pH e Brix da água de coco carbonatada estocada em temperatura ambiente – Experimento II	101
23	Gráfico da variação de cor das amostras de água de coco carbonatada – experimento final I	102
24	Gráfico da variação de cor das amostras de água de coco carbonatada – Experimento final II	103
25	Caracterização dimensional das garrafas PET	107

INDICE DE TABELAS

1.0	Volume de carbonatação das amostras	56
2.0	Amostras para testes de doçura	56
3.0	Vazão de água de coco pelos diferentes elementos filtrantes	68
4.0	Resultado da porcentagem de redução da turbidez da água de coco	69
5.0	Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco carbonatada – Lote ideal de carbonatação	71
6.0	Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco carbonatada Lote 2 Ideal de doçura	71
7.0	Resultado das análises microbiológicas das amostras de água de abastecimento da planta de processo Preliminar A	79
8.0	Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco antes da pasteurização (Teste preliminar A)	80
9.0	Resultado das análises microbiológicas das amostras de água de coco após a carbonatação (Teste preliminar A)	80
10	Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de abastecimento (Teste preliminar B)	81
11	Resultados microbiológicos da água de coco formulada (Teste preliminar B)	82
12	Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco após a carbonatação (Preliminar B)	82
13	Resultado das análises microbiológicas nas amostras de água (Teste preliminar C)	84
14	Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco formulada antes da pasteurização Teste preliminar C	84
15	Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco carbonatada	85
16	Resultados das análises físico-químicos nas amostras de água de coco carbonatadas Teste Preliminar C	86
17	Resultados das análises físico químicas (Cor, turbidez e atividade enzimática) nas amostras de água de coco carbonatada (Teste Preliminar C)	86

18	Resultados das análises microbiológicas nas amostras de água de abastecimento (lotes finais I, II e III)	88
19	Resultado das análises microbiológicas nas amostras de água de coco referentes aos experimentos finais I e II	88
20	Resultados das análises microbiológicas nas amostras de água de coco carbonatada (experimentos I e II)	89
21	Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco carbonatada, após 10 dias de produção e armazenamento	91
22	Resultado das análises microbiológicas em amostras de água de processo (experimento III)	92
23	Resultado das análises microbiológicas em amostras de água de coco coletados nos diferentes pontos de processo (experimento III)	93
24	Análises físico-químicas – experimento final I	97
25	Análises físico-químicas – experimento final II	98
26	Resultados das análises físico-químicas de água de coco carbonatada, em função do tempo de armazenamento em temperatura ambiente (Experimento final I)	99
27	Resultado das análises físico-químicas em amostras de água de coco carbonatada, em função do tempo de armazenamento em T° ambiente (Experimento final II)	100
28	Análises físico-químico (cor e turbidez) – Experimento final I	102
29	Cor e turbidez – Experimento final II	103
30	Teor de oxigênio dissolvido em amostras de água de coco carbonatada	105
31	Média dos pesos das embalagens e capacidade volumétrica	107
32	Permeabilidade ao O ₂	108

RESUMO

Avaliação de Processo de Carbonatação de Água de Coco (*Cocos nucifera* L.)

A água de coco verde (*Cocos nucifera* L.) é bem conhecida por suas propriedades nutritivas, hidratantes e de baixos teores de gordura. Outra bebida com grande participação no mercado de bebidas no Brasil é o refrigerante, bebida contendo dióxido de carbono (CO₂) na sua formulação. A adição de CO₂ proporciona maior vida e refrescância para a bebida, além de contribuir para uma alimentação mais segura, inibindo o desenvolvimento de microrganismos aeróbios. O objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de uma bebida carbonatada à base de água de coco verde e avaliação do processo de carbonatação dessa bebida. Diferentes formulações foram avaliadas sensorialmente, fixando-se inicialmente o pH em 4,4 e variando-se o volume de carbonatação e o valor de sólidos solúveis (°Brix). A bebida formulada foi clarificada, pasteurizada (90 °C/30s), resfriada, carbonatada e envasada em garrafas de polietileno tereftalato (PET) e armazenadas à temperatura ambiente. Para o processo de clarificação e carbonatação, avaliou-se diferentes tipos filtros e de carbonatadores. A bebida carbonatada foi avaliada através de análises físico-química, microbiológica e sensorial pós processo e durante a estocagem. Quando a água de coco carbonatada possuía volume de carbonatação entre 4,1 a 4,3, 60% dos consumidores consideraram a quantidade de sólidos solúveis de 8,2 como ideal de doçura e 38,87% preferiram 7,2 °Brix. O processo de carbonatação criou um ambiente seletivo para microrganismos na água de coco carbonatada. O baixo pH e o ambiente de baixa tensão de oxigênio favoreceu o crescimento de leveduras e bactérias lácticas. Os resultados desta pesquisa sugeriram que o oxigênio atua fortemente sobre as alterações na cor da água de coco *in natura*, pasteurizada e carbonatada, e em alguns casos aparecendo cor ligeiramente rosada e/ou marrom.

(Palavras chave: água de coco, avaliação sensorial, carbonatação, bebida carbonatada)

SUMMARY

Evaluation of a carbonation process for coconut water (*Cocos nucifera* L.)

The coconut water (*Cocos nucifera* L.) is well known for its nutritional properties, high hydrating power and low fat levels. Another beverage with great participation in soft drinks market is the carbonated soft drinks, which is a traditional drink containing carbon dioxide (CO₂) in its formulation. The addition of CO₂ provides more life and greater refreshing to the beverage, besides contributing to a safer food, and inhibiting the development of aerobic microorganisms. The objective of this study was the development of a soft drink based on coconut water and the evaluation of process for the carbonation of coconut water and its shelf life study. Different formulations were sensory evaluated. The coconut water was standardized to pH 4,4 and settled the range of volume carbonation and soluble solids. The drink formulated was clarified, pasteurized (90°C/30s), cooled, carbonated and bottled in plastic bottles (PET) and stored at room temperature. Before heat processing clarification filters were tested and after this two carbonation equipments were tested and evaluated. The shelf life was followed by physical-chemical, microbiological and sensorial analysis. When the formulation of coconut water presented carbonation between 4.1 to 4.3, 60% of consumers considered the amount of soluble solids of 8.2 °Brix as ideal for sweetness but 38.87% preferred 7.2. The process of carbonation created a selective environment for microorganisms. Also the low pH and the environment of low oxygen tension favored the growth of yeasts and lactic bacteria. The growth of lactic acid bacteria in coconut water was favored by the nutrient-rich medium such as amino nitrogen. It was observed that oxygen acted strongly on the appearance of coconut water, both in nature, pasteurized, and carbonated, forming pink or brown colors.

(Key words: coconut water, sensory evaluation ,carbonation, soft drink.

1.0 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de bebidas não alcoólicas têm apresentado uma crescente expansão. Nos últimos anos, o volume comercializado cresceu em torno de 35%. Dentro do setor, o destaque fica para as bebidas consideradas saudáveis, como os sucos de frutas, chás, água e os isotônicos (LOPEZ, 2002). Estima-se que 6 bilhões de litros de suco sejam produzidos por ano no Brasil (PREFERÊNCIA, 2004).

O aumento nas vendas de bebidas à base de sucos, repositores hidrolíticos e outras bebidas diferenciadas estão ocorrendo principalmente devido à crescente preocupação das pessoas com a saúde e com a boa forma física (COSTA et. al., 2005). Cada vez mais exigente, a conhecida geração saúde tem procurado bebidas que possam proporcionar algum benefício ao corpo (PREFERÊNCIA, 2004).

Dentre as bebidas que estão tendo o seu consumo ampliado encontra-se a água de coco, uma bebida natural, pouco calórica, e muito apreciada em todo o Brasil. O seu crescente consumo é devido, principalmente, às suas propriedades nutricionais (ARAGÃO, 2000; COSTA et. al., 2005). A água de coco é uma bebida com alto poder de hidratação, fonte de potássio (100 a 250 mg do mineral em 100g) utilizada no auxílio do desenvolvimento de crianças, por praticantes de atividades físicas e até mesmo no desenvolvimento de células germinais (espermatozóides e embriões) de animais (PARRA & PARDI, 2006). Estima-se que o mercado de água de coco verde cresça a uma média anual de 30% (QUERO, 2002).

O plantio e a produção de coco tem aumentando nesses últimos tempos, seja para consumo da bebida, seja para gerar outros produtos. A colheita mais do que dobrou em uma década, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 967 milhões de cocos em 1997, colhidos em 231 mil hectares, o país saltou para 1,98 bilhão em 2006, em 290 mil hectares. Cerca de 70% são do tipo anão, especialmente para aproveitamento da água. Os outros 30% são das variedades gigante e híbrida – a primeira,

com mais polpa, destinada a obtenção de leite e coco ralado; a segunda para a produção de água e leite de coco (NOEL, 2008).

Outras bebidas com grande participação no mercado de bebidas não alcoólicas são os refrigerantes. De acordo com a nossa legislação, BRASIL (1997a), refrigerante é a bebida gaseificada, obtida pela dissolução, em água potável, de suco ou extrato vegetal de sua origem, adicionada de açúcares, devendo ser obrigatoriamente saturada de dióxido de carbono, industrialmente puro.

Estima-se que em 2006, o Brasil ocupava a terceira posição dentro do ranking mundial de produtores de refrigerante, atrás dos Estados Unidos e México, embora com o consumo per capita ainda seja baixo, de 70 litros/ano (ABIR, 2007).

Em 2007 foram 13.661.293 bilhões de litros consumidos, com esses valores, o mercado de refrigerantes brasileiro registrou um crescimento de quase 5% em comparação com o ano de 2005.

A adição do gás dióxido de carbono, ou seja, a carbonatação, proporciona vida, refrescância e realça o sabor da bebida, além de proporcionar um alimento mais seguro, tendo em vista que o gás carbônico reage com a água formando o ácido carbônico. O ácido carbônico contribui com um leve declínio do pH e com a inibição de microrganismos aeróbios (BARNABÉ, 2003; MITCHELL, 1990).

A diferenciação de produtos, cada vez mais, está sendo uma alternativa e uma necessidade maior em todos os setores, não só na embalagem, mas também no rótulo e principalmente do próprio produto (PARRA, 2003).

Pesquisas recentes indicam que a falta de tempo tem proporcionado um crescimento acelerado no mercado de bebidas prontas e consideradas saudáveis como sucos, refrescos, bebidas a base de soja, chás e água de coco. Em 2004, o volume de vendas/consumo de sucos prontos para beber era de 310 litros/milhão, em 2005, 337 litros/milhão e, em 2006, o volume foi de 390 litros/milhão (ABIR, 2007).

Os isotônicos, repositores hidrolíticos e energéticos, também tem tido seu consumo aumentado nos últimos anos, sendo que em 2006 foram consumidos cerca de 51 bilhões de litros deste tipo de bebida, com um crescimento de 23% sobre o ano anterior (ABIR, 2007).

A empresa Red Bull segue na liderança de vendas do mercado. Em 2006, vendeu mais de 3 bilhões de latas de isotônico em todo o mundo. A companhia está presente em 130 países e a comercialização da marca cresceu 22,9%. O mercado brasileiro consome aproximadamente 74,3 milhões de latas de energéticos por ano, movimentando mais de R\$ 508 milhões (INDÚSTRIA, 2009).

A carbonatação da água de coco proporciona um diferencial de sabor ao produto original e maior refrescância. Essas diferenciações possibilitam a ampliação do mercado consumidor da bebida.

2.0 OBJETIVOS

➤ Objetivos gerais:

- Desenvolver uma bebida carbonatada a base de água de coco, estável a temperatura ambiente, com qualidade sensorial e sem adição de conservadores químicos ;
- Testar um carbonatador piloto e um comercial;
- Desenvolver o processo de industrialização da bebida carbonatada;
- Realizar o estudo de vida de prateleira da bebida carbonatada.

➤ Objetivos específicos:

- Estudo e adequação de filtro para a clarificação da água de coco;
- Construção de KITS manuais de carbonatação para pequenos volumes;

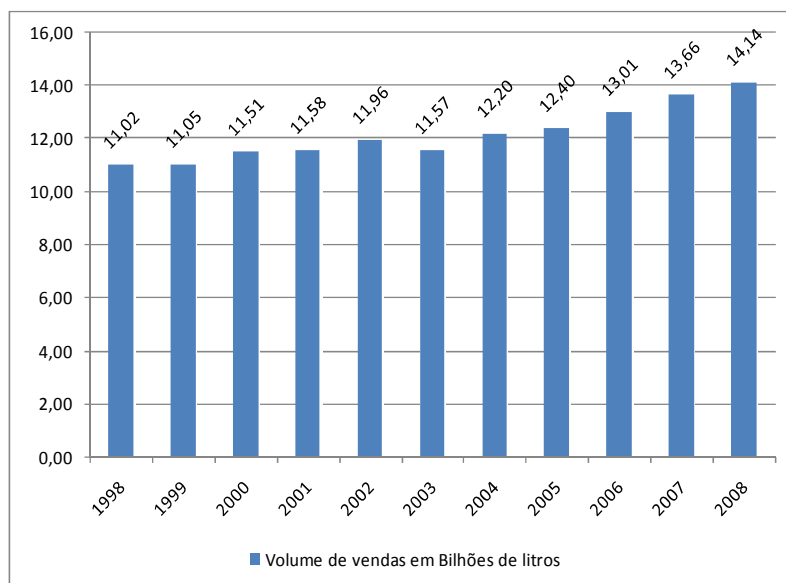
3.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MERCADO DE BEBIDAS NÃO ALCÓOLICAS NO BRASIL

A indústria brasileira de bebidas é de considerável importância para a economia nacional, em virtude não apenas do valor da produção, como também em função do elevado dinamismo apresentado recentemente, que resultou no crescimento de determinados fabricantes e surgimentos de novos.

Dentro do mercado de bebidas não alcoólicas encontram-se os refrigerantes, sucos, chás, isotônicos e as águas aromatizadas, um mercado em expansão no Brasil.

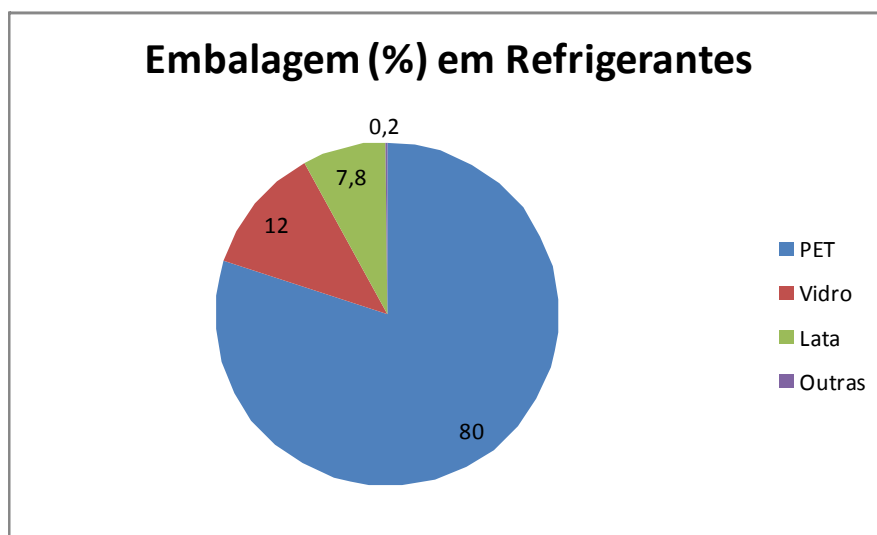
Os refrigerantes são bebidas industrializadas, não alcoólicas, carbonatadas e com adição de aromas. Produzidos a partir da mistura da água com concentrados aromatizados e açúcar ou adoçante, podem ser encontrados nos sabores cola, guaraná, laranja, limão, uva, framboesa, entre outros. Em 2006, o Brasil ocupava a terceira posição dentro do ranking mundial de produtores da bebida, atrás dos Estados Unidos e México, embora com o consumo *per capita* ainda abaixo de 70 litros/ano (ABIR, 2007). Na Figura 1, visualiza-se o perfil do mercado de refrigerantes no Brasil desde 1998.



Fonte: ABIR, 2009. Figura 1. Perfil do mercado de refrigerantes no Brasil.

A taxa média de crescimento do volume de vendas de refrigerantes no Brasil foi cerca de 2,71%, desde 1998 até 2008 e de 4,04% de 2007 a 2008.

Dentro das embalagens com maior participação no mercado de refrigerantes, tem-se o PET que em 2008, representou cerca de 80% do mercado de embalagens para esse segmento (Figura 2).



Fonte: ABIR, 2009

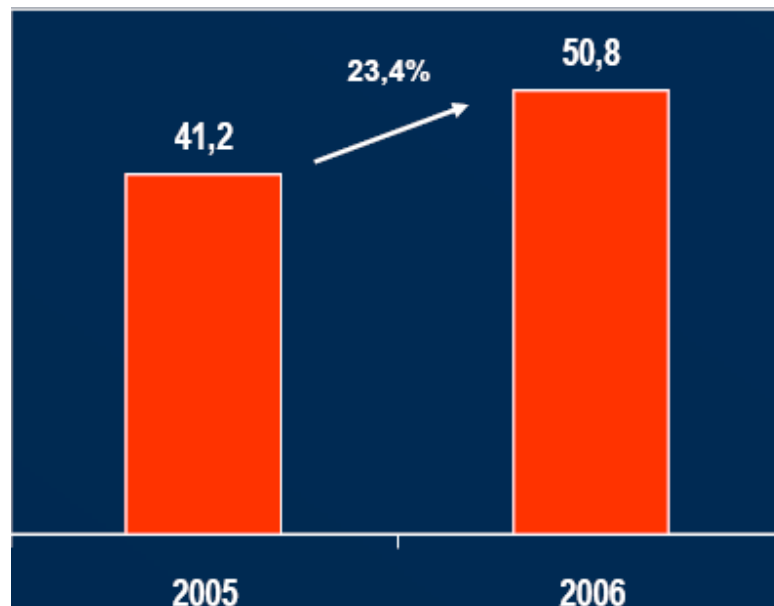
Figura 2. Participação dos diferentes tipos de embalagens na comercialização de refrigerantes em 2008.

Como atualmente os consumidores se preocupam mais com a saúde, têm-se notado um aumento no consumo de água envasada, bebidas isotônicas e sucos. Por exemplo, as vendas de refrigerantes da Coca cola, na América do Norte, caiu 1% em volume e as da Pepsi registraram um recuo médio de 1,7%. Cabe destacar que essas duas companhias são as maiores fabricantes mundiais de refrigerantes, detendo o controle de três quartos do mercado, equivalentes a um movimento de cerca de US\$ 66 bilhões anuais (FIPE, 2008).

Uma das estratégias adotadas pelas empresas desse segmento para enfrentar o declínio das vendas é direcionar seu crescimento para outros tipos de bebidas não-alcoólicas, como a comercialização de águas envasadas, bebidas isotônicas, sucos prontos para beber e chás. A outra estratégia tem sido a diversificação de mercado por meio da participação em outras áreas do segmento alimentício.

O apelo da bebida saudável e refrescante promoveu diversos lançamentos, como a H2OH; bebida refrescante da Pepsi, lançada em parceria com a AmBev, levemente gaseificada, com zero por cento de açúcar, contendo suco natural de limão. Conforme pesquisa da consultoria ACNielsen, a H2OH em maio de 2007 assumiu a liderança no segmento de refrigerantes *diet/light* com 29,8%, contra 24,1% da Coca *Light* em um dos maiores mercados consumidores do Brasil tal como São Paulo (GLOBO, 2007)

Os produtos isotônicos também constituem uma categoria de bebidas que ganha adeptos, principalmente entre os praticantes de atividades esportivas (Revista, 2006). Em 2006, foram consumidos cerca de 51 milhões de litros de bebidas, com um crescimento de 23% sobre o ano anterior, Figura 3 (ABIR, 2007).



Fonte: ABIR, 2007

Figura 3. Volume de vendas ou consumo (litros/milhão) de bebida isotônica.

3.2 ÁGUA DE COCO

Água de coco é a parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), excluindo o endosperma, não diluída, não fermentada, não concentrada e obtida por processo tecnológico adequado (BRASIL, 1997). O fruto do

coqueiro é originário do sudeste asiático, introduzido no Brasil pelos portugueses em 1553 (CARACTERISTICA, 2003).

O coqueiro (*Cocus nucifera L.*) oferece as mais diversas possibilidades de utilização, entre elas: alimentícias, nutricionais, agroindustriais, medicinais, biotecnológicas e outros fins artesanais.

O mercado do coco verde tem crescido nos últimos anos com o aumento do consumo da água de coco e o crescimento das indústrias de envasamento, que vêm disponibilizando o produto regularmente no varejo, principalmente nos supermercados, restaurantes e lanchonetes (BRASIL, 1998).

Atualmente a água de coco vem disputando mercado com bebidas destinadas aos consumidores como atletas e esportistas, devido a sua capacidade de repor eletrólitos, aumentando seu potencial comercial, também devido ao seu valor nutritivo, boa quantidade de minerais, aroma e sabor suaves e consumida por todas as idades (CARVALHO et al., 2006).

Considerada como um isotônico natural, a água de coco, possui um baixo valor calórico, sais minerais, açúcares, vitaminas e proteínas. Sua popularização tem ocorrido devido a sua grande variedade de aplicações: alimentação, nutrição, medicina e biotecnologia (ARAGÃO, 2000).

Para extração da água, basicamente, existem três variedades de coqueiro, sendo cultivados em diferentes partes do Brasil, são elas a variedade gigante, a variedade híbrida (PB121) e a variedade anã (ROSA JÚNIOR, 2000; SREBERNICH, 1998).

Devido ao bom rendimento, (27,5%) de água de coco em relação à variedade gigante e uma água geralmente mais saborosa e adocicada, o coco anão verde, com seis a sete meses de maturação, vem sendo bastante usado em escala comercial e em pesquisas relacionadas ao aproveitamento de sua água (ROSA JÚNIOR, 2000).

3.2.1 Mercado no Brasil

O cultivo do coqueiro vem crescendo anualmente, em função da rentabilidade financeira e do crescente consumo da água de coco nos grandes centros urbanos. A colheita mais do que dobrou em uma década, pelos dados do (IBGE) de 967 milhões de cocos em 1997, colhidos em 231 mil hectares, para 1,98 bilhão em 2006, em 290 mil hectares (NOEL, 2008). Em 2003, os maiores produtores de coco no Brasil foram os Estados da Bahia (34,4 %), Pará (11,3 %), Ceará (10,9 %), Pernambuco (9,2 %) e 6,85% no Estado do Espírito Santo (BRASIL, 2004).

A produção de água de coco, 140 milhões de litros/ano em 2002, com perspectiva de aumento de consumo para 500 milhões de litros/ano, está quase que totalmente dirigida para o consumo humano, tanto em sua forma *in natura*, quanto na de produtos industrializados (ARAGÃO, 2002). É a segunda maior atividade produtiva do Nordeste que emprega cerca de 400 mil pessoas durante o plantio, colheita e distribuição do produto (AGÊNCIA, 2004).

3.2.2 Características físico-químicas

A composição da água de coco depende de sua variedade, ambiente de cultivo e estágio de maturação (SREBERNICH, 1998). A água corresponde a aproximadamente 25% do peso do fruto, e sua composição básica apresenta 93% de água, 5% de açúcares e o restante é de proteínas, sais minerais e vitaminas (NOGUEIRA et. al., 2004; CARVALHO et al., 2006).

Carboidratos são os principais constituintes da água de coco. No início da maturação, apresentam-se na forma de açúcares redutores (glicose e frutose), cujas concentrações alcançam níveis de 5%, aos 6° e 7° meses, período em que a quantidade de água também é maior. Com a maturação, a concentração de açúcares redutores diminui em 1%, porém são formados açúcares não-redutores (sacarose), sendo que no final da maturação o teor de açúcares totais é aproximadamente 2% (MAGALHÃES et. al., 2005; CARVALHO et al., 2006).

O pH da água de coco varia de acordo com a idade do fruto, sendo que aos 5 meses, o pH encontra-se em torno de 4,7 a 4,8, elevando-se acima de 5 até o final do crescimento do fruto (ARAGÃO et al., 2001).

Srebernich (1998) afirma que o principal ácido presente na água de coco é o ácido málico. Outros ácidos estão presentes, porém representam muito pouco na sua composição. A legislação brasileira permite a adição de ácido cítrico à água de coco, para correção da acidez, quando a mesma é submetida a algum processo tecnológico de conservação (BRASIL, 2002).

A composição química média da água de coco no período ótimo de colheita do fruto é: pH: 4,8; acidez: 1,3 ml de sol. normal/100ml; °Brix: 7 (21°C); vitamina C: 57mg/100g (MAGALHÃES et. al., 2005; ARAGÃO, 2000; SEBRAE, 2003).

3.2.3 Características nutricionais

A composição nutricional média da água de coco no seu período ótimo de colheita é: 4,4g/100ml de glicose; valor calórico 22,0 Kcal/100 ml; proteínas 0,30g/100 ml; carboidratos 4,70 g/100ml; lipídios 0,20g/100ml; potássio 147,0 mg/100 ml; (MAGALHÃES et. al., 2005; ARAGÃO, 2000; SEBRAE, 2003).

O conteúdo mineral da água de coco mostra modificações durante o processo de maturação do fruto. O potássio é o eletrólito mais abundante durante toda a maturação, todavia, o sódio apresenta um incremento e os outros minerais como o cálcio, magnésio, cloreto, ferro e cobre apresentam-se estáveis durante o processo de maturação e o enxofre tem um aumento gradual (ARAGÃO et al., 2001).

A ingestão de água de coco pode ter dentre outras funções, a de reidratação após o exercício físico. Segundo alguns estudos a água de coco, além de reidratante, apresenta algumas vantagens em relação às bebidas a base de carboidratos e eletrólitos, sendo suficientemente adocicada, não causa náusea, não apresenta sensação de abundância ou desordem no estômago, além de ser facilmente consumida em grande quantidade (CARVALHO et. al., 2006).

3.3 INDUSTRIALIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO

A água de coco é consumida tanto na forma industrializada ou diretamente do fruto. A fim de permitir seu consumo fora das regiões de plantio, sua industrialização é de extrema importância, pois permite a diminuição do volume de transporte e também de seus custos, bem como aumenta a vida de prateleira do produto (ARAGÃO, 2002).

Tradicionalmente, a água de coco é comercializada dentro do próprio fruto, prática que envolve problemas relacionados ao transporte, armazenamento e perecibilidade do produto. Sua industrialização é um meio de viabilizar uma maior vida de prateleira, diminuir o volume e o peso transportados e, conseqüentemente, reduzir os custos de transporte (CARVALHO et. al., 2006).

A água no interior do fruto é considerada estéril, mas durante o processo de extração e envase, podem ocorrer contaminações microbiológicas e alterações bioquímicas que inviabilizam sua posterior comercialização (ARAGÃO, 2002). Um problema que se observa na água de coco é a ocorrência de mudança na sua coloração (coloração rosada), quando esta permanece exposta ao oxigênio. Essas alterações são atribuídas à presença de enzimas (polifenoloxidase e peroxidase) e/ou fermentação, que podem causar também mudanças nutricionais e sensoriais ao produto (CURSINO et al., 1996; MAGALHÃES, 2005).

Os processos de conservação, utilizados tem como objetivos inibir a ação enzimática e garantir a estabilidade microbiológica, promovendo o aumento do tempo de prateleira do produto (NAOZUKA, et. al.2004). CAMPOS et al. (1996) observaram a presença de polifenoloxidase e peroxidase na água de coco verde. Essas enzimas apresentam o máximo de atividade em pH 6,0 e 5,5 em temperatura entre 25°C e 35°C, respectivamente. Esses mesmos autores também relatam que o tratamento térmico para inativação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, na água de coco verde, só é eficiente acima de 90°C, em tempos maiores que 300 segundos. Todavia, a partir de 100 segundos de exposição do produto a

essas temperaturas, já ocorrem problemas sensoriais relacionados às mudanças no aroma e sabor da água de coco.

Existem várias alternativas de processos físicos e químicos que podem ser utilizados, separadamente ou combinados, para a preservação da água de coco, entre eles: tratamentos térmicos em médias e altas temperaturas, filtração por membranas, uso de aditivos químicos, como os conservadores e acidulantes, refrigeração e/ou congelamento (ROSA & ABREU, 2002).

O emprego de aditivos na inativação enzimática também tem sido pesquisado. Segundo Campos (1996), o ácido ascórbico (200 mg/L) foi o mais eficiente na inibição das duas enzimas. O metabissulfito de potássio, na concentração de 15 mg/100mL, inibiu 100% da polifenoloxidase, porém apenas 11% da atividade de peroxidase.

Em função do tipo de processamento utilizado, podem ser obtidos os seguintes produtos: água de coco resfriada, água de coco congelada, água de coco pasteurizada e congelada, água de coco esterilizada e envasada assepticamente e água de coco ultrafiltrada (BRASIL, 2002; PENHA et. al., 2006).

3.3.1 Boas práticas de fabricação

As características de baixa acidez da água de coco ($\text{pH} > 4,5$) e atividade de água próximo de 1,0 e a possível presença de perigos físicos e microbiológicos na casca faz-se necessário um maior rigor na produção, comercialização e distribuição. Uma das ferramentas para se produzir um produto com maior segurança alimentar é a aplicação das boas práticas de fabricação, além de controles físico-químicos e microbiológicos no produto acabado.

O contato da água de coco com a casca do fruto na etapa de extração pode causar o arraste de substâncias que podem atuar nas reações microbiológicas e nas reações físico-químicas como o escurecimento enzimático. Outros cuidados a serem tomados durante o processamento e envase do produto final são a limpeza e sanitização dos equipamentos, acessórios e embalagens (ABREU, 2005).

O processamento de alimentos se não realizado de forma adequado, pode favorecer a contaminação por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do intenso manuseio e da presença de injúrias e sujidades presentes na casca que podem se transferir para a polpa, onde os microrganismos encontram condições favoráveis ao seu crescimento . Torna-se imprescindível, portanto, a utilização de água proveniente de frutos saudáveis, bem como a sanitização dos frutos, a higienização de equipamentos e utensílios de forma a evitar a contaminação cruzada e aumentar a segurança microbiológica dos alimentos processados (Antonioli et. al., 2005).

Os métodos de limpeza e sanitização geralmente envolvem a aplicação de água, para remover as sujidades mais grosseiras, produtos químicos, tratamento mecânico com utilização de escovas ou pulverizadores de água sob jato, seguido de enxágue, sendo que nesta etapa pode ocorrer o uso de um sanitizante químico. É importante que a água utilizada seja potável, para não ser um veículo de contaminação ao produto, além disso, a eficiência do método utilizado depende de outros fatores como contaminação microbiana inicial da matéria prima, microrganismo, sanitizante, pH e temperatura (FDA, 2001).

Dentre os diversos agentes químicos disponíveis para uso como sanitizantes nas indústrias de alimentos, encontram-se os hipocloritos, ácido peracético, peróxido de hidrogênio e os compostos a base de amônia quartanária. Estes sanitizantes apresentam uma comprovada eficiência sobre as formas vegetativas bacterianas nas condições recomendadas para uso nas indústrias de alimentos (FDA, 2001; SANTOS & MOURA, 2007).

Os compostos quaternário de amônio, entre eles, o cloreto de benzalcônio, são surfactantes catiônicos com ação antimicrobiana, geralmente são inodoros, incolor, estáveis em altas temperaturas, não corrosivo aos equipamentos, não irritantes a pele e toxicidade relativamente baixa. A atividade antimicrobiana dos compostos é maior em relação aos fungos e bactérias Gram-positivas do que bactérias Gram-negativas. Assim *L. monocytogenes* é mais sensível a esses compostos do que os coliformes,

Salmonella SSP patogênicos como *E.coli* ou *pseudomonas*. O mecanismos de ação, possivelmente, envolve a ruptura das paredes da membrana (FDA, 2001)

O ácido peracético possui excelente ação sanitizante, excelente atividade esporicida, trabalha em baixas temperaturas, e tem baixo efeito residual dependendo da concentração, entretanto ele irrita a pele, libera vapores irritantes, possui um odor pungente e é incompatível com cobre, ferro e alumínio, além de possuir baixa estabilidade de estocagem (Santos & Moura, 2007).

O hipoclorito de sódio (NaClO) constitui numa das fonte de cloro muito utilizado para sanificação de superfícies, frutas e hortaliças, água, entre outros, causa alterações biossintéticas no metabolismo celular e a destruição de fosfolipídios, formando cloraminas que interferem no metabolismo celular. Participa também de reações oxidativas com inativação enzimática irreversível em algumas bactérias e a degradação de lipídios e ácidos graxos (RIBEIRO, 2006).

A atividade biocida do hipoclorito de sódio é aumentada significativamente com a formação do ácido hipocloroso (HClO). O hipoclorito de sódio é muito utilizado para eliminação de microrganismos patogênicos é um ácido fraco, e sua formação é fortemente influenciada pelo pH do meio, sendo ótima entre pH 6 e 9. Sua utilização em larga escala é devido ao seu vasto espectro de atividade biocida contra bactérias, fungos e vírus, além, de ser um produto relativamente barato (RIBEIRO, 2006).

O uso de solução clorada, a partir de hipoclorito de sódio, para desinfecção de frutos é bem difundida na industrialização de alimentos, sendo sua concentrações entre 40 mg/L a 300 mg/L com diferentes tempos de contato da superfície com o produto ou solução (RIBEIRO, 2006; ABREU, 2005).

3.3.2 Alterações microbiológicas de sucos e bebidas carbonatadas

A qualidade microbiológica dos alimentos está condicionada a alguns fatores como, a quantidade e ao tipo de microrganismos inicialmente presentes, contaminação inicial, a multiplicação destes no alimento, qualidade das matérias primas e a higiene (de ambientes, manipuladores e superfícies de equipamentos) condições ambientais e os cuidados que regulam a multiplicação dos microrganismos.

A conservação dos sucos de frutas é determinada, pela prevenção do desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e pela inibição da ação de enzimas naturais, o que pode ser obtido por meio do tratamento térmico a que é submetido o produto e/ou pelo uso de conservantes químicos ou comercialização sob refrigeração/ congelamento.

A deterioração de natureza microbiológica dos sucos limita-se aos microrganismos tolerantes ao meio ácido, com predomínio de bactérias lácticas, leveduras e fungos. Os fungos da microbiota natural das frutas são capazes de se desenvolver num amplo intervalo de pH e de atividade de água, são pouco exigentes em nutrientes, fundamentalmente aeróbicos e, em geral, apresentam baixa resistência térmica (GONZALEZ, P. M. & ZEPKA, M. M., 2008).

As bactérias do grupo coliforme são bastante comuns, uma vez que originam-se do próprio solo de cultivo, porém, as linhagens de *Escherichia coli* não devem fazer parte da microbiota normal, se os produtos forem cultivados em solo livre de contaminação fecal, irrigados com água de boa qualidade e manipulados sob condições de boas práticas. Sob esse aspecto, são indicadores da qualidade higiênico sanitária dos processos e, encontradas em altos índices populacionais, indicam risco de veiculação de patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia enterocolitica*, *E. coli* enteropatogênica, enterotoxigênica ou enterohemorrágica (Nascimento *et.al.*, 2003).

Os fungos, particularmente leveduras, também fazem parte da microbiota natural de frutas e têm sido detectados com frequência em vegetais minimamente processados. Não são patogênicos mas muitas espécies, se presentes em grande número, podem provocar alterações nos produtos

acondicionados, como a fermentação, que altera o sabor e o aroma característicos (Nascimento et. al., 2003).

Na água de coco o aparecimento de turvação, e as alterações de sabor são frequentemente creditados às alterações microbiológicas, devido à contaminação inicial da matéria prima ou contaminação cruzada, isso quando as boas práticas de fabricação ou processamento e demais controles não são realizadas de forma adequada (Abreu, 2005).

Os refrigerantes são bebidas suscetíveis às contaminações, pois representam uma ótima fonte de nutrientes como sacarose e glicose. Em relação ao meio, possuem um efeito seletivo sobre os microrganismos devido à presença de gás carbônico, em geral, baixos teores de oxigênio inibem os microrganismos aeróbios, conseguindo crescer os microaerofílicos e os facultativos (Rocha, 2006; DiGiacomo & Gallagher, 2001).

A carbonatação e valores de pH baixos de acordo, com cada tipo de bebida, beneficia o crescimento de microrganismos acidófilos ou ácido-tolerantes. As bactérias que mais frequentemente são encontradas nos refrigerantes são as dos gêneros *Lactobacillus* e *Leuconostoc*. Os *Lactobacillus* sintetizam ácido láctico, cujas consequências representam uma modificação de sabor e aroma, e podem formar turvação (Rocha, 2006).

Os principais microrganismos contaminantes de refrigerantes são as leveduras, que podem sintetizar gás carbônico tornando o sabor da bebida alterado (Rocha, 2006; Digiacomo & Gallagher, 2001). Muitas espécies de leveduras são capazes de crescer na completa ausência de oxigênio e em diferentes concentrações de gás carbônico (Silva, et. al. 2007). A síntese de gás carbônico pela levedura, tem como consequência a formação de pressão na embalagem o que pode ocasionar a explosão das mesmas. Além deste metabólito, estes microrganismos consomem açúcares e sintetizam álcool no refrigerante, e os produtos secundários da fermentação conferem à bebida um sabor e/ou odor típico de fermentação. Em algumas bebidas, pode-se observar aspecto de turbidez e depois a sedimentação (Rocha, 2006).

3.3.3 Alterações de coloração e/ou escurecimento da água de coco

Os principais grupos de reações que conduzem ao escurecimento em alguns alimentos e na água de coco são a oxidação enzimática dos fenóis e o escurecimento não enzimático. O escurecimento não enzimático em alguns casos é favorecido pelos tratamentos com o calor e inclui uma ampla variedade de reações, tais como reação de Maillard, caramelização e oxidação química dos fenóis (HAMINIUK et. al., 2005).

As modificações que ocorrem na água de coco são consequência da presença, naturalmente ou por contaminação durante sua extração, processamento ou na hora do envase, de enzimas e microrganismos deteriorantes, o que incorre em período muito curto de manutenção da qualidade entre a retirada da água do fruto e o seu consumo.

Após a abertura do fruto, a água de coco pode sofrer várias alterações de origem química ou microbiológica, sendo bastante freqüente o aparecimento de uma cor rosa que pode ocorrer após horas ou dias, dependendo do tipo e intensidade do tratamento realizado (Calvette, 2007).

Com relação às alterações de coloração causadas por enzimas, as principais participantes desse processo são a peroxidase e a polifenoloxidase. Na água de coco, essas enzimas começam a reagir quando em contato com o oxigênio, causando modificações nutricionais e de coloração (Calvette, 2007; Matsui et. al., 2006).

A peroxidase (POD) faz parte de um grande grupo de enzimas, conhecido como oxirredutases, algumas dessas enzimas são responsáveis pela alteração das características sensoriais, modificações da textura e da composição nutricional de muitos vegetais e frutas crus e/ou processados. As peroxidases são termorresistentes e podem sofrer regeneração da sua atividade após certo tempo de processamento pode ocorrer quando expostas à temperatura ambiente ou armazenadas nas temperaturas de congelamento, mesmo após o tratamento térmico do produto. A polifenoloxidase (PPO) é responsável pela oxidação enzimática de polifenóis, essa enzima usa oxigênio molecular para catalisar duas reações diferentes: a co-oxidação de monofenóis a o-difenóis (atividade monofenolase ou cresolase) e a

subsequente oxidação destes compostos a o-quinonas (atividade difenolase ou catecolase). As o-quinonas instáveis são posteriormente polimerizadas por via não-enzimática a pigmentos marrons, vermelhos e pretos, que são responsáveis pela perda de qualidade nutricional e sensorial de muitos alimentos (Calvette, 2007).

Entre as alterações que pode ocorrer na água de coco, existem também aquelas originadas do escurecimento não enzimático.

Considerando as características naturais da água de coco, o escurecimento não enzimático, na sua forma *in natura* pode ser atribuído à oxidação do ácido ascórbico. Sua reação é favorecida, quando submetido às variações de temperatura ou tratamentos térmicos, além disso pode ocorrer outras reações de escurecimento como Maillard, tendo em vista que a água de coco é rica em aminoácidos e açúcares redutores como a frutose (Teixeira & Monteiro, 2006).

O ácido ascórbico pode participar no processo de escurecimento não enzimático por formar derivados do furfural na presença de pH baixo e aquecimento, produzindo pigmentos escuros. As reações de Maillard envolvem os aminoácidos presentes no alimento e a presença de açúcares redutores no qual sua reação produz pigmentos escuros como as melanoidinas. Porém, em sucos de frutas ácidas, essa reação pode ocorrer em menor proporção devido ao pH muito ácido (Pedrão, et.al., 1999, TEIXEIRA & MONTEIRO, 2006).

A oxidação do ácido ascórbico, além de perdas nutricionais, também produz compostos com radical carbonila que reagem com grupos amino e por polimerização produzem pigmentos escuros, os quais são responsáveis pelo escurecimento do suco (*browning*) (Teixeira & Monteiro, 2006; Correa Neto & Faria, 1999). A presença do oxigênio dentro da embalagem é responsável também pela rápida degradação inicial da vitamina C (Correa Neto & Faria, 1999).

3.4 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA INDUSTRIALIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO

O acesso à água de coco *in natura* não é possível ou não é tão fácil em qualquer lugar e a qualquer momento. Este fato aliado ao aumento de seu consumo no Brasil e em outros países, torna interessante que se desenvolvam métodos para industrialização e conservação da água de coco extraída do seu fruto.

As principais fontes de deterioração da água de coco estão relacionadas à ação de enzimas nativas, como a peroxidase (POD) e a polifenoloxidase (PPO), responsáveis pela maioria das reações bioquímicas desfavoráveis que ocorrem após o processamento de frutos e a ação de microrganismos introduzidos durante a abertura do fruto e durante as etapas de processamento e envase (Calvette, 2007).

3.4.5 Conservação de água de coco por refrigeração

O processamento da água de coco, basicamente pode consistir na pré-seleção dos frutos, higienização com água clorada a 100 ppm e 0,5 ppm de cloro ativo, perfuração dos cocos para a extração da água, padronização ou não em tanques de refrigeração (SCHMIDT et. al., 2004).

A água de coco antes de ser refrigerada pode ser pasteurizada ou não, adicionada de conservadores e mantida sob condições de temperatura entre 1 a 10°C. O uso de métodos combinados, como por exemplo, pasteurização e acidificação (pH<4,5), permite estender a vida de prateleira do produto refrigerado por até seis meses (ABREU et.al., 2005).

A pasteurização é um tratamento térmico em temperaturas inferiores a 100°C, que elimina parte dos microrganismos presentes no alimento. Em alimentos ácidos (pH entre 4,0 e 4,5) como os produtos de tomate e nos alimentos muito ácidos (pH < 4,0), como picles e sucos de frutas, a pasteurização tem como finalidade eliminar os microrganismos deteriorantes e os patogênicos capazes de se desenvolver no produto (ELEMENTOS, 2000; EVANGELISTA, 2000). O valor 4,5 para a divisão entre os alimentos de baixa acidez e alimentos ácidos é considerado devido ao possível desenvolvimento

e produção de toxina por algumas cepas de *Clostridium botulinum* em alimentos com pH próximo a 4,6 (LANDGRAF, 1996; BRASIL, 2002; FDA, 2001).

Em alimentos ácidos com pH entre 4,0 e 4,5, os microrganismos patogênicos não resistem ou não se desenvolvem (como o *C. botulinum*) em função da acidez e os deteriorantes capazes de se multiplicar são as leveduras, os bolores, as bactérias lácticas e acéticas e alguns esporulados, tais como *Bacillus coagulans* e certas espécies de *Clostridium* (ELEMENTOS, 2000).

No produto pasteurizado, normalmente são considerados alvos de processo as leveduras e os bolores termorresistentes, capazes de se desenvolver nas condições normais de armazenamento (SCHMIDT et. al., 2004). Em sucos, as leveduras são os principais contaminantes e tratamentos a 85°C por 20 segundos são suficientes. Para inativação enzimática, o tratamento exigido é de 90°C por 30 segundos. As principais enzimas que devem ser inativadas nos sucos são: poligalacturonase, pectinesterase, polifenoloxidasas e peroxidases (TOCCHINI et. al., 1995).

Para água de coco as temperaturas de processo são geralmente na faixa de 75°C a 90°C e o tempo de pasteurização entre 30 a 90 segundos, visando a inativação de parte das enzimas e microrganismos, mas o binômio tempo versus temperatura deve ser otimizado, considerando também os atributos sensoriais do produto (ROSA & ABREU, 2002).

3.4.6 Conservação de água de coco por congelamento

A água de coco congelada, em algumas situações, não sofre nenhum outro tipo de tratamento ou adição de conservadores, sendo preservada apenas pelo congelamento a - 18°C (Abreu et. al., 2005). Tanto as enzimas quanto os microrganismos presentes na água de coco, terão suas atividades retardadas com o congelamento (ROSA & ABREU, 2002).

Tendo em vista que a água de coco é um meio extremamente suscetível ao desenvolvimento microbiano, que o congelamento não inibe, mas apenas retarda sua deterioração e considerando a possibilidade de

quebra da cadeia de frio durante a comercialização, recomenda-se o uso da pasteurização para melhor garantir a segurança alimentar do produto durante sua cadeia de comercialização (ROSA & ABREU, 2002; EVANGELISTA, 2000).

3.4.7 Conservação de água de coco por processo UHT

O processo UHT (*Ultra High Temperature*) garante uma condição de esterilidade comercial, possibilitando uma estocagem à temperatura ambiente. O processo UHT reduz as alterações físicas e químicas no produto que podem durar até seis meses, com bastante segurança (PENHA et. al., 2006).

O sistema compreende dois estágios: a pasteurização prévia e a esterilização propriamente dita em temperaturas próximas a 140°C por poucos segundos. Atualmente, o custo de instalação de uma unidade industrial para envase asséptico de água de coco é bastante elevado e muitas vezes inviáveis para pequenos e médios processadores (ROSA & ABREU, 2002).

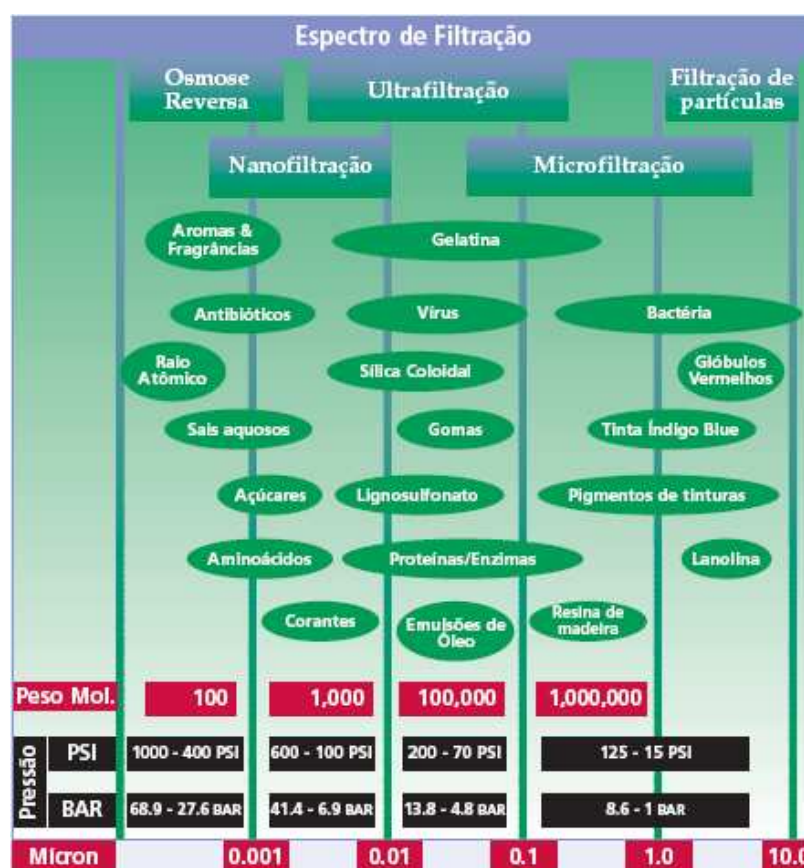
3.4.8 Conservação de água de coco por processo de filtração

Como alternativa de métodos para a remoção de partículas em suspensão e/ou diminuição das enzimas presentes na água de coco, pode-se considerar a utilização dos processos filtração e ou de separação por membranas. Nesses processos, a separação ocorre normalmente à temperatura ambiente e sem mudanças de fase, o que significa uma considerável economia de energia e o não comprometimento da qualidade sensorial dos produtos (MAGALHÃES et. al., 2005; SOUSA, 2006).

MAGALHÃES et. al. (2005) estudaram a conservação da água de coco através da micro e ultrafiltração com membranas de diferentes tamanhos de poros. A partir da observação dos resultados dos processamentos, os autores concluíram que as características físico-químicas da água de coco permeada permaneceram inalteradas se comparadas às da água de coco original, a turbidez da água de coco reduzia significativamente após o processo de filtração e em relação à qualidade microbiológica, todas as amostras apresentaram esterilidade comercial.

3.5 TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO DE BEBIDAS

A tecnologia de filtração está ganhando rapidamente aceitação no mercado global como uma etapa importante no processo de fabricação de diversas linhas de produtos alimentícios, laticínios, farmacêuticos, indústrias de biotecnologia, de amido e adoçantes. O processo de separação a baixas temperaturas, sem mudança de fase, fazem da filtração por membranas ou elementos filtrantes, uma solução muito mais econômica e de melhor qualidade para alguns produtos quando comparados aos processos ou métodos convencionais. A filtração é uma tecnologia baseada na aplicação de pressões diferenciadas em fluidos, na existência de orifícios de diferentes dimensões, equivalentes a peso moleculares de 100 até 1,000.000 ou 0,001 a 10 µm (GEA, 2006). Na Figura 4.0 observa-se o espectro de filtração dos elementos filtrantes.



Fonte:(GEA, 2006)

Figura 4.0 Espectro de filtração

A filtração pode ser definida como um processo de separação de componentes de um fluxo de fluido, sendo uma tecnologia baseada na aplicação de pressões diferenciadas em fluidos que permite a permeação de um ou mais componentes de uma suspensão/solução através de uma membrana seletiva, ocorrendo assim, a concentração, o fracionamento e a purificação destes compostos (GEA, 2006).

Na indústria cervejeira o processo de filtração tem como objetivo eliminar as partículas em suspensão, como leveduras, partículas coloidais e resíduos de lúpulo (NETA et. al., 2005). Os filtros os mais antigos eram construídos em aço carbono (estrutura) e ferro fundido (placas) ou como meio filtrante (terra diatomácea). Entretanto, a estrutura dos filtros mais modernos são em aço inoxidável e as placas de polipropileno (EQUIPAMENTO, 2003).

Em função do transporte (difusão ou convecção) e da força-motriz (pressão, concentração ou temperatura), têm-se diferentes processos de separação com membranas os de maior interesse na indústria de alimentos são a microfiltração, a ultrafiltração, a nanofiltração e a osmose reversa. A membrana pode ser definida como uma barreira semipermeável especial que separa duas fases, permitindo a passagem do componente desejado e restringindo a transferência de outros componentes em uma mistura. Os componentes são diferencialmente separados de acordo com seus pesos moleculares ou tamanho de partícula (SOUZA, 2006).

Atualmente a filtração é um processo fundamental em diversas áreas, para separar determinado sólido de um líquido ou filtrar para que as partículas sejam descartadas e o produto final esteja livre de impurezas.

Os elementos filtrantes podem ser de vários materiais, entre eles, de carvão ativado, polipropileno, celulose, entre outros. Elementos filtrantes de polipropileno utilizam o conceito de filtração de profundidade para a eliminação do material em questão. Neste conceito o líquido é bombeado através destes elementos filtrantes, sendo que o mesmo percorre inúmeros canais ou camadas de diferentes porosidades, nas quais os contaminantes ou as partículas de maiores tamanhos são retirados (DIAS, 2007, SOUZA, 2006)

No vinho, a função da filtração é retirar as partículas sólidas ou coloidais que podem deixar o produto turvo. A filtração também pode visar a eliminação de partículas sólidas em suspensão ou de bactérias e leveduras, dando maior estabilidade quanto à sua pureza e estabilidade microbiológica (DIAS, 2007).

3.6 ADITIVOS QUÍMICOS

Aditivos alimentares são quaisquer ingredientes adicionados intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, acondicionamento, armazenagem, transporte e/ou manipulação de um alimento. Ao agregar-se poderá resultar em que o próprio aditivo ou seus derivados se convertam em um componente de tal alimento. Esta definição não inclui os contaminantes ou substâncias nutritivas que sejam incorporadas ao alimento para manter ou melhorar suas propriedades nutricionais (BRASIL, 1997).

Entre os principais aditivos que podem estar presentes na água de coco, tem-se:

3.6.1 Acidulantes

Um acidulante em geral, quando adicionado a determinado tipo de alimento, pode ter a função de modificar o valor do pH, atuar como realçador de sabor, agir como sequestrante de íons metálicos (ferro, manganês e cobre) ou ainda ter ação antimicrobiana, auxiliando na conservação dos alimentos e aumentando a vida de prateleira. O grau de acidez é muito importante nas propriedades dos diversos alimentos como refrigerantes, sucos de frutas, geléias e conservas (EVANGELISTA, 2000; SALATA, 2003).

Os acidulantes mais utilizados em bebidas, especialmente os refrigerantes são: os orgânicos, como o ácido cítrico, ácido málico e ácido tartárico e os inorgânicos como o ácido fosfórico, empregado principalmente na produção de refrigerantes tipo “cola” (SALATA, 2003).

3.6.2 Conservadores

A eficiência dos conservadores está relacionada a composição e o pH do produto, assim como a população de microrganismos presentes (GAVA, 1984; SALATA, 2003). Dos conservadores que são frequentemente utilizados pela indústria alimentícia, têm-se os benzoatos e sorbatos, que são agentes bacteriostáticos, logo não eliminam os microrganismos, apenas não permitem que se proliferem, desta forma serão tão eficientes quanto menor for a contaminação inicial (SALATA, 2003).

A água de coco, como outros líquidos ricos em nutrientes, é um meio altamente propício ao crescimento de microorganismos deteriorantes, inclusive de bactérias, devido a baixa acidez. Durante o processamento podem ser adicionados os conservadores e os coadjuvantes de fabricação.

Para se fazer uma escolha do tipo de conservador, deve-se conhecer alguns fatores que podem influenciar na sua eficácia, como pH, composição do produto, nível de contaminação microbiológica, microrganismo a ser inibido, impacto sensorial e custo, entre outros. O ácido benzóico e o ácido sórbico e seus sais são muito utilizados, além dos derivados do dióxido de enxofre (sais de sulfito de sódio e potássio, bissulfito e metabissulfito) que em geral auxiliam a evitar o escurecimento (enzimático e não enzimático) e inibem o crescimento da flora microbiana indesejável (PENHA, et.al., 2005).

3.6.3 Adoçantes/edulcorantes

Os adoçantes são compostos de gosto doce, como os açúcares convencionais (sacarose, frutose, glicose, maltose, lactose), os derivados de açúcar e os polióis (sorbitol manitol, glicerol), quase sempre energéticos, tendo a sacarose como componente principal (UMBELINO, 2005).

Na água de coco UHT, geralmente proveniente de cocos maduros, a sacarose é o principal açúcar presente na sua composição; contudo, a indústria utiliza a frutose como adoçante para a correção da porcentagem de sólidos solúveis. As vantagens da utilização da frutose devem-se ao fato de ser o açúcar que se apresenta em maior quantidade na água de coco verde,

não ser prejudicial à saúde de diabéticos, como a sacarose, e por apresentar um poder adoçante 10 a 70% superior, dependendo do tipo, concentração, temperatura e pH do alimento ou bebida maior do que a sacarose (poder adoçante = 1). Contudo, a frutose apresenta a desvantagem de ter um custo maior que a sacarose e, por ser um açúcar redutor, participa das reações de oxidação e de escurecimento (ABREU, 2005).

3.7 FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR NA CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DE COCO CARBONATADA

Á água de coco é uma bebida rica em nutrientes é um meio altamente propício ao crescimento de microrganismos deteriorantes, inclusive bactérias, devido a baixa acidez. No interior do fruto a água é estéril, mas durante o processo de extração, processamento e envase, esta sujeita a contaminações microbiológicas (PENHA, et. al., 2005).

Em bebidas carbonatadas como os refrigerantes, apesar de constituírem um meio pouco propício ao crescimento microbiano, em função da elevada concentração de CO₂, alta acidez, na maioria das vezes a adição de conservantes é necessária para prolongamento da vida de prateleira a temperatura ambiente (BERNABÉ, et. al., 2005).

Os tipos de deterioração mais comuns em bebidas carbonatadas são: turvação, sedimentação, floculação, alteração de odor e sabor, aumento da quantidade de gás carbônico proveniente da fermentação. Em refrigerantes, cerca de 90% das contaminações microbiológicas são causadas por leveduras e 10% por bactérias e bolores (BERNABÉ, et. al., 2005).

Na água de coco carbonatada, alguns microrganismos podem se destacar devido ao meio. As leveduras toleram a acidez e podem se multiplicar sob condições anaeróbias, já as bactérias lácticas e acéticas também se desenvolvem em pH ácidos. Os bolores são resistentes a acidez, porém não se desenvolvem na ausência de oxigênio, como é o caso de bebidas carbonatadas que são saturadas de CO₂ (BERNABÉ, et. al., 2005).

Outra preocupação na conservação da água de coco carbonatada é sua deterioração em função da atividade enzimática. A presença de enzimas polifenoloxidase e peroxidase pode causar alterações indesejáveis que levam ao desenvolvimento da coloração rósea a castanho escuro. A polifenoloxidase é uma oxidase, com peso molecular de cerca de 128 kDa, ponto isoelétrico que pode variar de 4,7 a 5,0 e pH ótimo na faixa de 6,0 a 7,0. É uma enzima bifuncional que contém cobre, com dois sítios de ligação para substratos aromáticos e outro sítio para o oxigênio. Ela é indiretamente responsável pelo escurecimento enzimático que ocorre em algumas frutas e vegetais (BERNABÉ, et. al.,2005).

A peroxidase é uma enzima que catalisa reações peroxidativas, oxidativas, catalíticas e de hidroxilação. Seu substrato principal é o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), atuante também sobre outros compostos como fenóis (p-cresol, guaicol e resorcinol) e aminas aromáticas (anilina, benzidina, 0-dianisidina e o-toluidina). Apresenta peso molecular de aproximadamente 44 KDa, ponto isoelétrico em pH 9,0. As condições ótimas para sua atuação ocorrem na faixa de pH entre 5,5 e 7,5 e temperatura em torno de 40°C (BERNABÉ, et. al.,2005).

3.8 CARBONATAÇÃO

A carbonatação consiste na incorporação de dióxido de carbono (CO_2) na bebida, ou seja, pode ser considerada como a saturação do líquido com gás carbônico (BARNABÉ, 2003; BENASSI JÚNIOR, 2005; SHACHMAN, 2005).

O dióxido de carbono é um gás incolor com odor ligeiramente picante e quando dissolvido em água, apresenta gosto ácido, resultante da formação do ácido carbônico (H_2CO_3) que provoca uma leve diminuição do pH da água, além de funcionar como conservador inibindo o desenvolvimento de microrganismos aeróbios (BARNABÉ, 2003; SALATA, 2003). Entretanto, nem todas as moléculas dissolvidas de CO_2 reagem para formar ácido. Conforme Figura 5, uma solução de dióxido de carbono em água é uma mistura em

equilíbrio de CO_2 , H_2CO_3 , H_2CO_3^- e uma quantidade muito pequena de CO_3 (ATKINS & JONES, 2001).

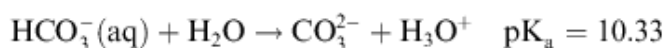
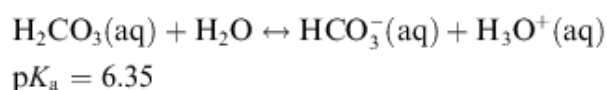
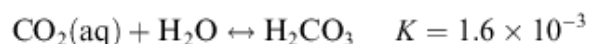
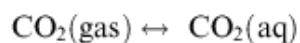


Figura 5 Reações de CO_2 em água.

Bebidas carbonatadas são feitas usando-se altas pressões parciais de CO_2 , para produzir altas concentrações de dióxido de carbono na água. Quando a pressão parcial de CO_2 é reduzida pela remoção da tampa, ou do selo da garrafa, o equilíbrio desloca-se na direção do CO_2 e o líquido efervesce (ATKINS & JONES, 2001).

Além da finalidade de se obter um produto diferenciado no mercado a adição do CO_2 vem sendo estudada com a finalidade de aumentar a qualidade e vida de prateleira de alguns alimentos considerando principalmente o aspecto microbiológico, como é o caso do tratamento do leite *in natura* com CO_2 , esse tratamento diminui o crescimento microbiológico de psicotróficos e aeróbios. No produto final (ROBERTS & TORREY, 1987).

A adição de CO_2 controla o crescimento de bactérias psicotróficas tanto em leite *in natura* como no leite pasteurizado sob temperaturas de refrigeração. O CO_2 dissolvido aumenta a fase lag e o tempo de geração do microrganismo. O controle microbiológico aumenta a qualidade e a segurança dos produtos lácteos, além de aumentar o tempo de estocagem e prolongando a vida de prateleira, o que trás benefícios econômicos para a indústria de

leites e derivados, tornando mais flexível a distribuição e utilização do produto (MA et. al., 2001).

A unidade que mede o teor de CO₂ dissolvido na bebida é chamada de Volume de Carbonatação, definido como a quantidade de CO₂ que um dado volume de água absorverá, à pressão atmosférica de 760 mm Hg (1 atm) e a 15,5°C de temperatura, ou seja, 1 litro de água a 15,5°C e 1 atm pode absorver 1 litro de CO₂ ou 1,86 g de CO₂ dissolvido (SHACHMAN, 2005; TOCCHINI & NISIDA, 1995).

O nível ótimo de carbonatação varia de acordo com o sabor e a percepção dos consumidores, sendo que em geral bebidas de frutas possuem baixo nível de carbonatação (2,5 a 2,8) e as colas, água tônica e sodas possuem um maior nível de 3,0 a 4,0 volumes de CO₂ (SHACHMAN, 2005).

Os níveis de carbonatação são percebidos mais intensamente em temperaturas menores, entretanto, deve-se considerar que a quantidade de CO₂ dissolvida na bebida é menor temperaturas mais elevadas (McDaniel & Yau, 1991). Esses mesmos autores, McDaniel & Yau (1993), verificaram que em água carbonatada, quanto maior a quantidade de sacarose na bebida menor era a percepção de carbonatação pelos provadores.

Os fatores que podem influenciar na carbonatação são a pressão de CO₂, temperatura do líquido (à medida que a temperatura aumenta, menor é a dissolução do gás), tempo de contato do líquido com a CO₂, área de reação entre líquido e CO₂ e afinidade do líquido com o CO₂, que decresce com aumento dos açúcares (SALATA, 2003; BENASSI JÚNIOR, 2005).

3.8.1 Tipos de carbonatadores

Existem vários tipos de carbonatadores no mercado de equipamentos para bebidas. A seguir serão indicados alguns exemplos de carbonatadores utilizados na indústria de refrigerantes (TOCCHINI & NISIDA, 1995):

- 1) Carbonatador no qual a água é injetada na câmara de carbonatação por meio de chuveiros, dispostos na parte superior da câmara. O gás carbônico

entra na câmara aproximadamente na metade da altura total, sendo o produto carbonatado recolhido pela parte inferior da câmara;

- 2) Carbonatador que consiste de um sistema de Venturi. Nesse tipo de carbonatador a água ou o produto passa pelo venturi conectado ao reservatório de CO₂, ocorrendo a mistura com a água;
- 3) Os *Carbo-Coolers*, que são sistemas onde um recipiente principal contém CO₂ em pressões acima de 6 bar, e um número variável de módulos de troca de calor através do qual um líquido refrigerante circula, e o produto entra como um filme que desce a superfície do trocador de calor; e como a superfície é grande e há turbulência, ocorrem simultaneamente a carbonatação e o resfriamento (BENASSI JÚNIOR, 2005).

3.9 EMBALAGENS

Atualmente, além da tradicional venda de água de coco em sua embalagem original, ou seja, no próprio coco, existem no mercado diferentes embalagens como: embalagens cartonadas tipo Tetra Brik®, garrafas de vidro, latas de alumínio, garrafas plásticas de polietileno de baixa densidade (PEBD), garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD), copos de polipropileno (PP) e por ultimo o polietileno-tereftalato (PET) que nas ultimas décadas, está sendo bem difundido no envase de bebidas devido ao seu relativo baixo custo e praticidade (ABREU, 2005; ROSA.& ABREU, 2002).

As bebidas carbonatadas, como refrigerante, água mineral e cerveja necessitam de embalagens com boa proteção capazes de proteger esses produtos, principalmente, em relação às trocas gasosas e barreira à luz, além de ter o poder de atrair os consumidores e ser prática para abrir e transportar. As primeiras embalagens desenvolvidas para acondicionar essas bebidas foram às garrafas de vidro, seguidas posteriormente pelas latas e, nos últimos anos, as garrafas de plástico que, já em 1991, detinha 40% do mercado norte americano de bebidas carbonatadas (JENKINS & HARRINGTON, 1991).

Dentre as embalagens de plástico a que mais se destaca para bebidas carbonatadas são as de PET, que proporcionam garrafas com boa

transparência e resistência. Porém, devido à permeabilidade aos gases, o PET não é considerado um material de alta barreira, por essa razão a maioria das bebidas carbonatadas possuem, em média, uma vida útil de 3 meses (CERPLAST, 2006; JENKINS & HARRINGTON, 1991; SHACHMAN, 2005).

O polietileno tereftalato é um polímero termoplástico formado pela reação do ácido tereftálico e o etilenoglicol. Hoje sendo muito popular, possui uma das maiores taxas de crescimento na aplicação como material de embalagem. Isso se deve, sem dúvida, às suas excelentes propriedades, como boa resistência mecânica, aparência nobre (brilho e transparência), entre outras. É o melhor e mais resistente plástico para fabricação de garrafas e embalagens para refrigerantes, águas e sucos (ASSOCIAÇÃO, 2006; Alves et al. 1998).

As embalagens de PET vêm dominando o mercado de bebidas carbonatadas desde 1993, quando teve início a produção em larga escala das garrafas de refrigerante. Hoje, são responsáveis pelo acondicionamento de aproximadamente 90% de todo o refrigerante produzido no Brasil. São muitas as razões para essa revolução mercadológica, entre elas, a de resistência mecânica agrada aos produtores e comerciantes, visto que uma embalagem de PET é mais leve e mais fácil de transportar que a de vidro e muito dificilmente romperá ao cair de uma gôndola, evitando prejuízos e acidentes (LUIZI, 1985).

4.0 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Desenvolvimento da formulação de água de coco carbonatada

4.1.1.1 Coco verde

Os cocos verdes utilizados neste projeto, eram da variedade Anã, provenientes do Espírito Santo e adquiridos na – Central de Abastecimento de Campinas S.A. (CEASA) – Campinas - SP. Segundo informações dos distribuidores, os cocos verdes foram colhidos com aproximadamente 6

meses de maturação e se encontravam nos cachos. Os frutos eram armazenados à temperatura ambiente por no máximo 24 horas antes de serem processados.

4.1.1.2 Ingredientes da formulação

Durante o desenvolvimento da formulação da bebida, utilizou-se como fonte de sacarose, açúcar refinado da marca União, adquirido em supermercados da região de Campinas - SP. No desenvolvimento da formulação da água de coco e durante os testes de avaliação, foram utilizados ácido cítrico anidro e ácido L-ascórbico, ambos, padrão analítico e granulados da marca *Synth* e Nuclear, respectivamente, obtidos de distribuidores de Campinas-SP.

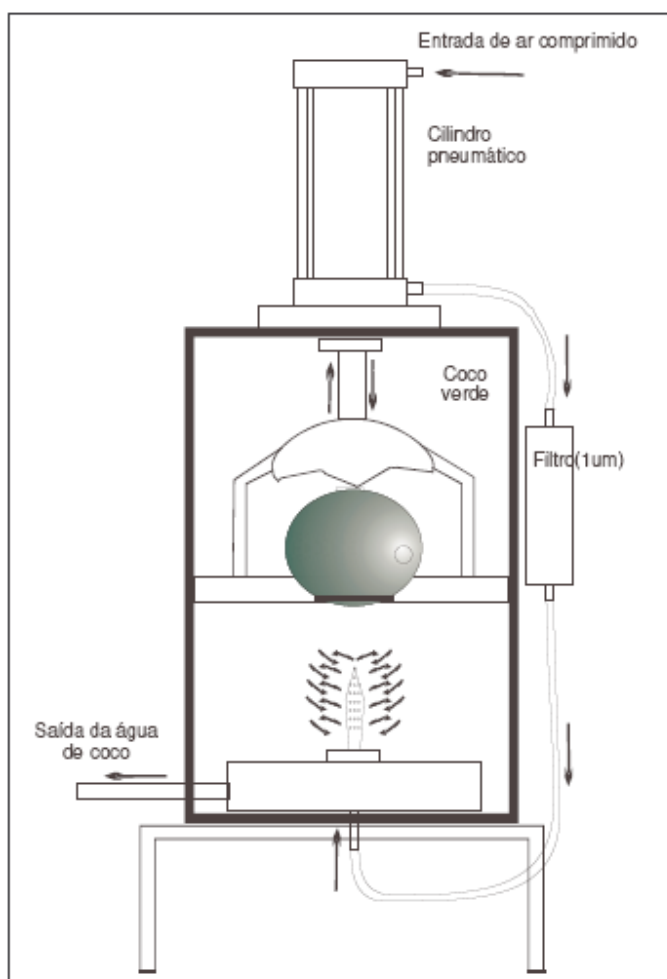
O gás carbônico utilizado para a carbonatação apresentava grau de pureza de 99,99% v/v, o mesmo tipo utilizado por indústrias de bebidas carbonatadas, fornecido pela White Martins Gases Industriais Ltda, Campinas – SP.

4.1.2 Limpeza e Sanitização - Produtos Químicos

Para a higienização dos cocos, foi utilizado hipoclorito de sódio na concentração de 200 mg/L de cloro ativo, por 10 minutos e depois 5 mg/L por mais 10 minutos. Para a limpeza da linha de processamento, foi utilizado o processo de *cleaning in place* (CIP) utilizando-se os detergentes SANDET 162, ácido, com princípio ativo a base de ácido nítrico (HNO_3) e SANDET 874 (índice de alcalinidade 34 – 35), alcalino, à base de hidróxido de sódio (NaOH). Na sanificação da linha e equipamentos após a limpeza, utilizou-se o santificante SANDET 286 com teor de ácido peracético de 14 – 15 % e 200 volumes de peróxido de hidrogênio na concentração de 0,15%. Todos os produtos utilizados na higienização foram fabricados pela Sandet Química Ltda., São José do Rio Preto – SP.

4.1.3 Extrator de água de coco

A extração da água de coco foi realizada no equipamento idealizado e construído por Faria (2003). O seu funcionamento foi baseado na utilização de um sistema pneumático, utilizando-se a pressão com dupla função de projetar o bico perfurador para o interior do coco e, ao mesmo tempo, de injetar ar comprimido filtrado no mesmo, expulsando assim a água de coco sob pressão e por escoamento através de orifícios contidos no próprio bico (Figura 5).



Fonte: Abreu, 2005.

Figura 6.0 - Detalhamento do sistema de extração de água de coco.

4.1.4 Elemento Filtrante

A água de coco padronizada com ingredientes da formulação foi clarificada, através de um elemento filtrante de polipropileno de 10 µm, escolhido em pré-testes, com carcaça de aço inox 304 fabricado pela Filterinter Equipamentos de Processo, Campinas – SP.

Para a escolha do melhor elemento filtrante (material e diâmetro) para água de coco, foram realizados pré-testes com diferentes materiais e diâmetro no Laboratório Científico de Aplicações – SASS (*Scientific Applications Support Services*), da empresa 3M, Sumaré – SP.

4.1.5 Equipamento de pasteurização

O pasteurizador utilizado foi do modelo Micro Plak fabricado pela SUMÁ Indústria e Comércio Ltda, Campinas-SP. Esse pasteurizador é do tipo placas com vazão nominal de 90 L/h, ajustada através de uma bomba positiva. O trocador de calor é composto pelas seções de regeneração, aquecimento do produto, aquecimento da água (meio de aquecimento), retenção, resfriamento do produto final (opção de água refrigerada) e resfriamento do produto retornado. Atinge uma temperatura máxima de 90 °C por 5, 15, 20 e 30 segundos, através do uso de quatro diferentes tubos de retenção e pelo ajuste de controle de vazão através da bomba.

O equipamento possui válvula de retorno pneumática, para o produto abaixo da temperatura de processo e um painel de controle onde são visualizadas as temperaturas do produto (na saída da seção de retenção) e da água de aquecimento. O produto foi impulsionado, utilizando-se uma bomba rotativa de deslocamento positiva da NETZSCH do Brasil Indústria e Comercio Ltda localizada em Pomerode-SC.

4.1.6 Kits de carbonatação manuais

Inicialmente, para ajustar o melhor nível de carbonatação e melhor porcentagem de sólidos solúveis, expressos em °Brix ou doçura para a bebida, foram idealizados e construídos Kits manuais de carbonatação (Figura

7). A operação era realizada após a bebida ter alcançado a temperatura entre 2 a 4°C, usando como câmara de carbonatação uma garrafa de PET com capacidade de 2L, contendo o líquido a ser submetido a carbonatação. No gargalo da garrafa foi rosqueada uma válvula, no qual o CO₂ entrava no sistema controlado por uma válvula de ajuste de pressão de CO₂ entre 10 psi a 50 psi por 2 minutos, com agitação manual.



Figura 7. Kits de carbonatação manuais.

4.1.6 Equipamento de Carbonatação – Experimentos finais

Para a realização da segunda etapa do projeto, ou seja, avaliação da estabilidade da bebida carbonatada em relação aos aspectos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais, primeiramente, utilizou-se um protótipo de carbonatador (ainda em desenvolvimento). Depois, utilizou-se a unidade de carbonatação e envase semi-automática da empresa VINOX Equipamentos para Bebidas Ltda. Bento Gonçalves – RS (Figura 8).



Figura 8. Unidade de carbonatação e envase da Vinox.

4.1.7 Embalagem

Para o acondicionamento da água de coco carbonatada, utilizou-se garrafas de polietileno tereftalato (PET) transparente, de 330mL, do tipo monocamada. Essas garrafas foram obtidas da Minalba, São José dos Campos – SP e as tampas de polietileno de alta densidade para uso em bebidas carbonatadas, fornecidas pela Bericap, Sorocaba - SP.

Para um melhor controle de qualidade, as garrafas foram submetidas a alguns testes de caracterização, a saber:

- Dimensionamento das embalagens;
- Peso;
- Capacidade volumétrica;
- Determinação da permeabilidade do sistema de embalagem ao oxigênio;

4.2 METODOLOGIA

Os cocos verdes da variedade anã, foram adquiridos no CEASA – Campinas. A água de coco foi extraída manualmente, na Planta Piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos – FEA, homogeneizada manualmente com espátula de aço inoxidável e armazenada em garrafas PET

de 2L previamente higienizadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 200 mg/L.

4.2.1 Escolha do elemento filtrante

Um Kit, Figura 9, composto de uma monoplaca de 75 mm, manômetro, bomba peristáltica, vedações, bicos, mangueiras e abraçadeiras construído pela empresa 3M, foi utilizado nesta etapa. A amostra de água de coco foi circulada por uma bomba peristáltica através de tubulações flexíveis de Tyson. O líquido passou pelo elemento filtrante em teste, e o filtrado foi coletado em uma proveta para o registro do volume acumulado. Durante o processo foi possível visualizar o diferencial de pressão ao longo do tempo, através de um manômetro acoplado ao equipamento.

Os elementos filtrantes testados foram: discos de celulose Zeta Plus 05S, 10S, 30S de 75mm de diâmetro e mini cartuchos de polipropileno PolyNet 5µm e 10 µm de 5”.

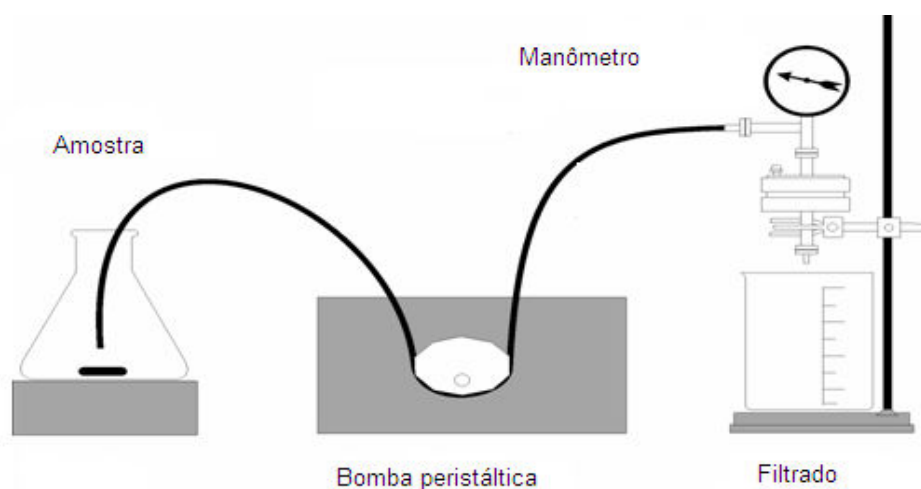


Figura 9. Kit para verificar a eficiência do elemento filtrante

A leitura da turbidez foi feita no equipamento, turbidímetro 2100 NA, através de amostras de água de coco antes da filtração e da água de coco após a filtração (amostra) e a viscosidade foi determinada em um viscosímetro da marca Brookfield modelo LVDV II.

4.2.2 Avaliação dos KITS de carbonatação manual

Para a elaboração das formulações de água de coco carbonatada e para a otimização da mesma construí-se Kits de carbonatação compostos por: cilindro de CO₂, válvula de controle de fluxo do gás, manômetro (0 – 100 psi), garrafa carbonatadora (PET de 2 litros).

4.2.3 Desenvolvimento da formulação de água de coco carbonatada

4.2.3.1 Higienização dos cocos

Os cocos foram higienizados manualmente com água potável e o auxílio de buchas para eliminar as sujidades maiores provenientes da colheita, transporte e manuseio e em seguida, imersos em solução de hipoclorito de sódio a concentração de 200 mg/L por 10 minutos, para eliminação de contaminantes da casca, e enxaguados em solução a 5 mg/L por 10 minutos para a retirada do excesso de sanificante (ABREU, 2005; SOUSA, 2006). Em seguida, os cocos foram depositados em cestos limpos de aço inoxidável para secagem em temperatura ambiente até o momento do processamento.

4.2.3.2 Limpeza e sanitização dos equipamentos

Os procedimentos adotados para a limpeza e sanitização da linha de processamento (tanque de equilíbrio, tubulações, válvulas, pasteurizador) foram baseados em Sousa (2006), Abreu (2005) e Elementos (2000), realizando-se primeiramente a limpeza alcalina e depois a limpeza ácida.

Tanto o tanque de recepção quanto a carcaça do filtro foram limpas manualmente, com o auxílio de buchas, detergente neutro e água potável.

Para a realização do CIP, um tanque de equilíbrio foi utilizado, onde os detergentes e o sanificante eram colocados nas concentrações adequadas e circulados pela linha de processamento através de uma bomba positiva, placas e demais componentes do pasteurizador e tubulações.

A limpeza CIP da linha de processamento foi realizada antes e após cada processamento e constituiu-se das seguintes etapas:

Pré-enxágue: A linha foi enxaguada durante 5 minutos com água filtrada através da série de filtros: Bobinado fio de polipropileno 3 μm , expandido feito de polipropileno 1 μm e plissados de fio de polipropileno 0,2 μm todos fornecidos pela Tech Filter Ltda – Campinas - SP.

Limpeza alcalina: foi feita com o detergente, Sandet 874, a base de hidróxido de sódio (NaOH). Esse detergente possui substâncias com alto poder emulsificante, dispersante e complexante, com a finalidade de remover resíduos orgânicos (protéicos e gordurosos) das superfícies. A solução alcalina utilizada continha 1% de NaOH e a mesma foi recirculada pela linha durante 20 minutos a 75°C, de acordo com a recomendação do fabricante.

Enxágue: Após a limpeza alcalina, foi feito um novo enxágue com duração de 5 minutos. A remoção completa do detergente foi garantida verificando o pH da água de enxágue com fitas indicadoras, até um pH próximo à neutralidade.

Limpeza ácida: Esta limpeza foi empregada para a remoção de resíduos minerais das superfícies dos equipamentos, evitando a formação de incrustações. O detergente ácido utilizado foi o Sandet 162 que apresenta como princípio ativo o ácido nítrico (HNO_3), composto de inibidor de corrosão, substâncias emulsionantes e dispersantes. O detergente ácido foi preparado na concentração de 1% de (HNO_3), recirculado pela linha na temperatura de 60°C durante 20 minutos, conforme recomendação do fabricante.

Enxágue final: Após a limpeza ácida, foi feito um enxágue com água filtrada por 5 minutos, para retirar os resíduos suspensos e traços dos componentes de limpeza. A remoção completa de detergente foi garantida tomando-se uma amostra da água de enxágue e verificando o pH, com fitas indicadoras, até um pH próximo à neutralidade.

Imediatamente após a limpeza da linha, foi circulada uma solução na concentração de 0,15% (p/v) preparada a partir do SANDET 286, um sanificante a base de ácido peracético (14 – 15%) a temperatura ambiente por

10 minutos na linha inteiramente montada, operação denominada *sterilization in place* (SIP).

Ao final da esterilização química, as linhas foram enxaguadas com água potável por 10 minutos à temperatura ambiente, para remoção de resíduos do sanificante, verificados através do uso de fitas da marca Merckoquant (teste de peróxido), método colorimétrico na faixa de 0.5 – 25 mg/L H₂O₂). (SOUSA, 2006).

No carbonatador foram realizadas limpeza alcalina, temperatura ambiente, com NaOH 1% nos tanques de recepção por uma hora sob agitação e na câmara de carbonatação também por uma hora porém somente por imersão, pois o equipamento não permitia a limpeza completa sob regime de turbulência. Posteriormente, foi realizado um enxágüe com água potável por 10 minutos e a seguir, depois imersão das partes internas do equipamento com o sanificante SANDET 286 a 0,15% (p/v).

4.2.3.3 Processamento

A extração da água de coco foi realizada em um equipamento idealizado e construído por Faria (2003).

A água de coco extraída antes de ser direcionada para o tanque de formulação passou por uma tela de nylon para evitar que partes da casca acompanhassem a água de coco *in natura*. Depois ela foi direcionada para um tanque de aço inoxidável para sua padronização (formulação) base da bebida.

Para a padronização da água de coco foram adicionados 200mg/L de ácido ascórbico, imediatamente após a extração. A adição do ácido ascórbico teve o objetivo de evitar a ação das enzimas polifenoloxidase e peroxidase presentes na água de coco, durante a estocagem do produto final em temperatura ambiente (CAMPOS et al., 1996; SOUSA, 2006). Em seguida foram adicionados à água de coco, o ácido cítrico e o açúcar refinado (sacarose) até a obtenção de uma formulação padrão com pH 4,4 e Brix 7,0 para os primeiros testes iniciais de avaliação da bebida carbonatada.

A água de coco padronizada foi transferida para o tanque de recepção da linha de processamento e clarificada com a finalidade de diminuir as

partículas em suspensão, em um filtro de aço inoxidável e elemento filtrante de polipropileno de 10 µm. Após o filtro, o produto foi direcionado para o tanque de equilíbrio e em seguida, foi submetido a tratamento térmico de pasteurização (90°C/ 30s), resfriado até temperatura de 9,8°C. O produto pasteurizado e resfriado foi carbonatado utilizando-se os KITS de carbonatação nos seguintes volumes de carbonatação, conforme volumes relacionados na Tabela 1.

Tabela 1. Volume de carbonatação das amostras

Amostra	Vol de Carbonatação (Range)
1	2.2 - 2.4
2	3.1 - 3.4
3	4.1 - 4.3
4	5.0 - 5.3
5	6.0 - 6.3

Após a análise estatística dos dados, obtidos através da análise sensorial das amostras, decidiu-se realizar um novo processamento no qual se fixou o pH em 4,4 e o volume de carbonatação 4,1 a 4,3 e variou-se o Brix para futura avaliação sensorial (Tabela 2).

Tabela 2.0. Amostras para testes de doçura

Amostra	Vol de carbonatação (Range)	°Brix
6	4,1 - 4,3	5,2
7		6,2
8		7,2
9		8,2
10		9,2

Na Figura 10, pode-se verificar o fluxograma do processo.

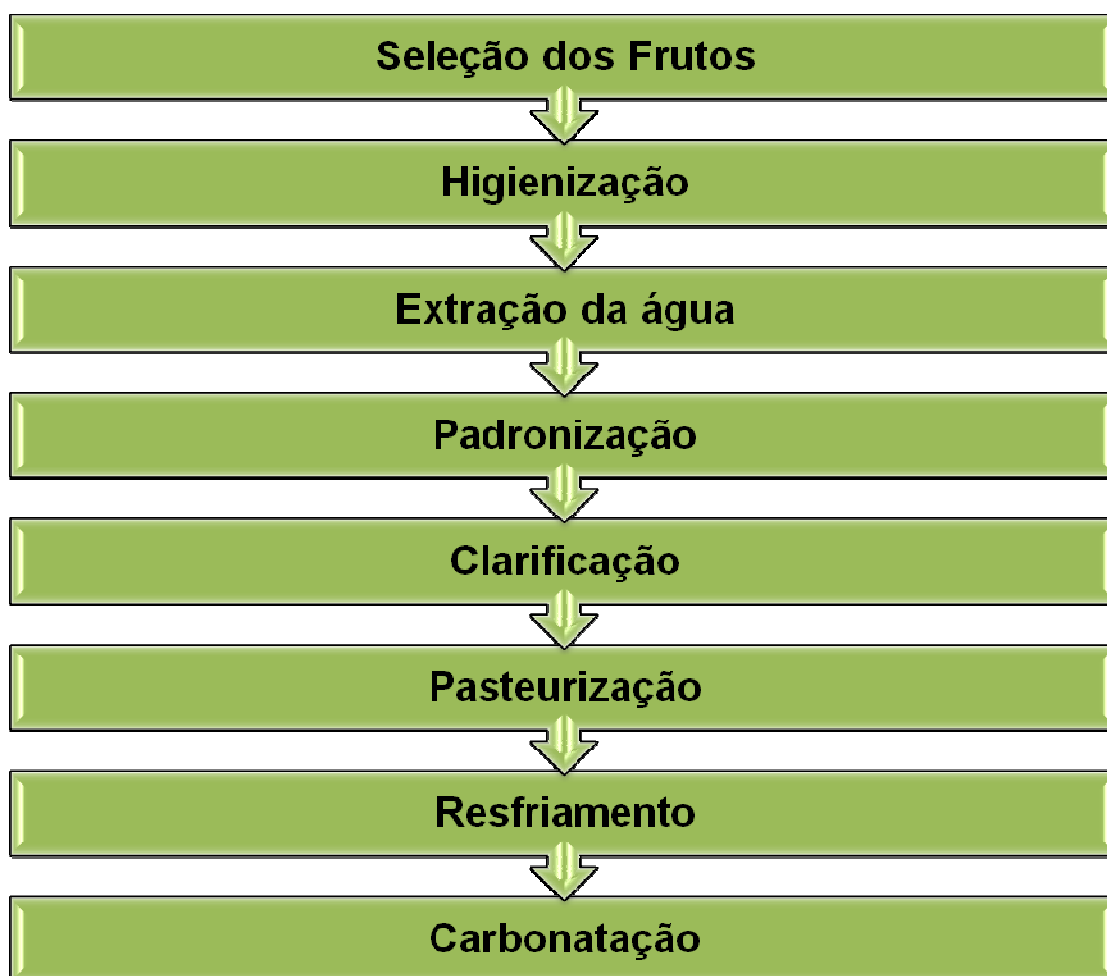


Figura 10. Fluxograma do processo de carbonatação da água de coco para estudos sensoriais.

4.2.3.4 Análises microbiológicas

As seguintes análises microbiológicas foram realizadas, conforme metodologias descritas em (Silva et al. 2007 com base em DOWNES & ITO, 2001).

Análises na água de coco carbonatada:

- Contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos, em profundidade do Ágar Padrão para Contagem (PCA);

- Contagem de bolores e leveduras, em superfície do Ágar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC);
- Contagem de microrganismos do grupo coliformes:
 - ✓ Coliformes a 35°C/ 50mL, em série única de tubos múltiplos utilizando Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) e Caldo Verde Brilhante Bile (VB);
 - ✓ Coliformes a 45°C/mL, em série única de tubos múltiplos utilizando Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) e Caldo (EC).

4.2.3.5 Avaliação Sensorial

Para o desenvolvimento da formulação da água de coco carbonatada, realizou-se um estudo sensorial de otimização do volume de carbonatação e doçura.

Inicialmente avaliou-se cinco formulações (amostras 1 a 5), com relação ao ideal de volume de gás carbônico, com os parâmetros de pH e °Brix fixados em 4,4 e 7,0, respectivamente, e volume de carbonatação variando entre 2,2 a 6,3.

Depois avaliou-se mais cinco formulações (amostra 6 a 10) em relação ao ideal de doçura, com pH: 4,4, volume de carbonatação entre 4,1 a 4,3 e °Brix entre: 5,2 a 9,2.

Os testes foram realizados em cabines individuais do Laboratório de Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos, com painel de 60 provadores não treinados, consumidores (estudantes e/ou funcionários) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), apreciadores de água de coco e/ou água mineral gaseificada e/ou refrigerante e familiarizados com os testes sensoriais. Foi aplicado teste afetivo, utilizando-se a escala do ideal estruturada de nove pontos, variando entre – 4 (extremamente menor que o ideal) e + 4 (extremamente maior que o ideal) quando avaliado a quantidade de gás carbônico entre – 4 (extremamente menos doce que o ideal) e + 4

(extremamente mais doce que o ideal), quando avaliado o gosto doce, Anexo I.

Os consumidores indicaram o quão ideal apresentava-se a quantidade de gás carbônico e a intensidade de gosto doce, respectivamente, nas amostras (MEILGAARD, 1999).

Em cada etapa, as amostras foram avaliadas pelos consumidores em uma única sessão degustativa.

Uma quantidade de aproximadamente 50mL de água de coco carbonatada foi servida a temperatura entre 5 e 7°C, em copinhos plásticos, aos provadores voluntários da pesquisa. As amostras, codificadas com número de três dígitos, foram apresentadas de forma monadica (uma de cada vez), e a ordem de apresentação das mesmas foi balanceada para efeitos *first-order-carry-over*, segundo delineamento para 5 amostras, descrito por MACFIE e BRATCHELL (1989).

Os dados da escala do ideal, foram inicialmente avaliados através de metodologia sugerida por Vickers (1988). Assim uma regressão linear simples foi calculada correlacionando-se os diferentes níveis de carbonatação com as correspondentes médias geradas pelos consumidores. O mesmo tratamento foi realizado para o experimento de doçura.

Adicionalmente os dados foram também analisados conforme sugerido por Meilgaard et. al.(1999) assumindo-se que, os mesmos seguem uma distribuição normal. A aplicação da curva normal na análise de dados nas áreas biológicas é muito comum, pois muitas variáveis numéricas contínuas que estudamos têm distribuição normal ou aproximadamente normal. Adicionalmente, a maioria dos métodos estatísticos empregados em experimentos na área de alimentos (teste t de Student, análise de variância, análise de regressão) assumem que os dados seguem distribuição normal. Seguindo-se essa metodologia, com os dados obtidos utilizou-se o programa **STATISTICA v.7**, para se calcular a distribuição normal dos dados.

Finalmente, o nível ideal de cada variável independente (carbonatação e doçura) correspondeu àquele no qual a média e mediana da distribuição normal calculada foi próxima a zero.

4.2.4 Processos preliminares

Nesta etapa foram realizados o processamento de alguns lotes para acompanhamento da estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial, cujos procedimentos foram discutidos nos itens: 4.2.3.1 Higienização dos cocos; 4.2.3.2 Limpeza e sanitização dos equipamentos e o item 4.2.3.3 processamento, com a diferença que nesta etapa a formulação padrão da água de coco já estava definida para uso nos lotes.

No teste preliminar A, o equipamento utilizado para o processo de carbonatação foi o protótipo de carbonatação mencionado em (4.1.6).

Após o processo de elaboração da formulação padrão e do processo de pasteurização a bebida foi mantida na câmara de resfriamento à 6°C. Antes da carbonatação sua temperatura foi diminuída entre 2 a 4°C no carbonatador protótipo e depois iniciou-se o processo de carbonatação.

Para os testes preliminares B, utilizou-se no processo de carbonatação, o carbonatador da Vinox pertencente a indústria Symirise – São Paulo-SP, o produto depois de pasteurizado foi transportado em bombonas de 50 litros protegidos termicamente até carbonatar no qual sua temperatura foi reduzida para 2°C no próprio carbonatador e no teste preliminar C, o carbonatador utilizado foi o do mesmo modelo anterior porém o equipamento foi adquirido pelo laboratório de frutas do DTA-UNICAMP, portanto o produto após ser pasteurizado era imediatamente transferido por batelada para o carbonatador e resfriado a temperaturas entre 0 a 2°C.

4.2.5 Processamento dos experimentos finais

4.2.5.1 Higienização dos cocos

Os cocos foram higienizados manualmente com água potável, para eliminar as sujidades maiores provenientes da colheita, transporte e manuseio e em seguida, imersos em solução de hipoclorito de sódio, a 200 mg/L por 10 minutos, para eliminação de contaminantes da casca e enxaguados em solução a 5 mg/L por 10 minutos para a retirada do excesso de sanificante (SOUSA, 2006; ABREU, 2005). Em seguida, os cocos foram depositados em cestos limpos de aço inoxidável para secagem em temperatura ambiente até o momento do processamento.

4.2.5.2 Extração da água de coco

A extração da água de coco foi realizada no extrator de água de coco construído por Faria (2003).

A água de coco extraída antes de ser direcionada para o tanque de formulação passou por uma tela de nylon para evitar que partes da casca acompanhassem a água de coco *in natura*. Depois ela foi direcionada para um tanque de aço inoxidável ou tambores de polipropileno previamente limpos e sanitizados para a padronização da formulação.

4.2.5.3 Ajuste da formulação

Para o ajuste da formulação dos experimentos I, II e III, foram adicionados 200mg/L de ácido ascórbico no tanque de formulação antes do início da extração (Campos et al.,1996). Em seguida, foram adicionados à água de coco, açúcar refinado (sacarose) e o ácido cítrico até a obtenção da formulação padrão de % de sólidos solúveis entre 7,4 a 7,6 °Brix e pH entre 4,40 a 4,45.

Nos experimentos II e III, além dos ingredientes anteriores, optou-se também em acrescentar os conservantes sorbato de potássio e benzoato de sódio ambos nas concentrações de 200 mg/Kg, pois percebeu-se que em poucos dias após o processamento o produto começava a ficar turvo e ocorria

também precipitação, quando armazenado em temperatura ambiente, evidenciando provável crescimento microbiano.

4.2.5.4 Clarificação

A água de coco, após ter sido padronizada, foi transferida para um tanque de recepção e depois passou por um filtro de aço inoxidável com elemento filtrante de polipropileno de 10 μm .

4.2.4.5 Tratamento térmico e resfriamento

O tratamento térmico na água de coco ocorreu através da pasteurização 90°C por 30 s e resfriado a temperatura de 9,8°C.

4.2.5.6 Carbonatação e envase

A água de coco já tratada termicamente era colocada em tambores de polipropileno de 50 litros, que foram lavados (recipiente + tampa) com água e sabão e depois sanitizados com ácido peracético (Sandet 286 a 0,5%) e enxaguados com água potável.

Através desses tambores o produto era transportado para a unidade de carbonatação e envase semi-automática da empresa VINOX Equipamentos para Bebidas Ltda - Bento Gonçalves – RS.

Para a obtenção de altos volumes de carbonatação utilizou-se a carbonatação com pressões de 4,5 – 5,0 Kgf/cm² e temperatura entre 0 a 2 ° C. Devido ao fato do envase ser semi-automático com fechamento das garrafas manualmente ocorreu durante esse processo uma pequena perda de gás carbônico.

4.2.6 Análises da água de coco carbonatada

4.2.6.1 Volume de carbonatação

Para medição e controle dos produtos usou-se o método manométrico, no qual com o auxílio de um manômetro, termômetro e da tabela de carbonatação (Anexo II).

4.2.6.2 Potencial de Hidrogênio

O potencial de hidrogênio, foi determinado em potenciômetro da marca Digimed, modelo DM-20, com duas casas decimais de precisão.

4.2.6.3 Acidez Total Titulável

Para análise de acidez titulável, foi utilizado o método 10 do Manual de métodos de análises de bebidas e vinagres (não alcoólicos) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – (Brasil, 2006a). Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 mL de água de coco carbonatada.

4.2.6.4 Sólidos Solúveis

As análises de sólidos solúveis, foram realizadas em refratômetro da marca Reichert modelo AR 200 Digital Hand – Held.

4.2.6.5 Ácido ascórbico

A concentração de ácido ascórbico da água de coco foi determinada segundo metodologia (Brasil, 2006a). Em 10 mL da amostra (descarbonatada) foram adicionados 50mL de ácido oxálico 1%, seguido de titulação com solução de dicloroindofenol (DCFI) 0,2%, até coloração rosa persistente por 15 segundos. A concentração foi expressa em mg de ácido ascórbico por 100 mL da amostra

A solução de DCFI foi padronizada por titulação com solução de ácido ascórbico, recentemente preparada, na concentração de 50 mg de ácido ascórbico p.a. dissolvidos em 100 mL de ácido oxálico a 1%.

4.2.6.6 Cor e Turbidez

A determinação da cor e da turbidez foram realizadas em um espectrofotômetro da marca HunterLab, modelo Colorquest II. O sistema de calibração utilizado foi RSIN (refletância), com sistema de cor CIElab, iluminante D65 com ângulo de 10°. Esta metodologia utiliza um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de luminosidade (L*)

que varia de 0 (preto) a 100 (branco) , (a^*) cromaticidade que varia de + a^* (vermelho) a - a^* (verde) e (b^*) que varia de + b^* (amarelo) a - b^* (azul) e de turbidez (LEBER, 2001; HUNTERLAB, 1996a).

Os cálculos relativos à variação global da coloração do produto avaliado (ΔE ou DE^*) seguiram recomendações do fabricante HunterLab. A variação global de coloração ΔE leva em conta as diferenças entre os valores de L^* , a^* e b^* , a saber:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$$

4.2.6.7 Atividade Enzimática

A atividade enzimática foi medida tomando-se como base a metodologia de Campos (1996), para a análise das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, adaptadas como sugerido por Sato (2008). Para análise da atividade da enzima polifenoloxidase, em uma cubeta foram adicionados 1,3mL de tampão fosfato 0,35M (pH 6,0), 0,7mL de catecol (0,2M) e 2mL de amostra de água de coco, à temperatura ambiente ($25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$), seguido de leitura de absorvância em espectrofotômetro a 425nm, no tempo zero e após 10 minutos.

Para análise da atividade da enzima peroxidase, em uma cubeta foram adicionados 1,3mL de tampão fosfato (0,35M) com pH 5,5, levando-se ao banho-maria até atingir 35°C . Posteriormente, adicionou-se 2mL de água de coco, 0,5mL de solução alcoólica de guaiacol (0,5%) preparados em álcool etílico e 0,2mL de peróxido de hidrogênio (0,1%); agitou-se e fez-se a leitura imediata em espectrofotômetro a 470nm, no tempo zero e após 10 minutos.

Para a enzima peroxidase, a cubeta retornou ao banho-maria até completar o tempo de reação. Como branco, utilizou-se a mistura de todos os reagentes, substituindo-se a água de coco por água destilada. Foram utilizadas cubetas descartáveis de poliestireno de 4mL e 10mm de caminho óptico.

O resultado da atividade das enzimas foi expresso em unidades/mL/minutos (U/mL/min.). Uma unidade de atividade foi definida como

a quantidade de enzima capaz de aumentar a absorbância em 0,001 unidades por minuto. Desta forma, a cada aumento de 0,001 na leitura de absorbância correspondeu a 1 unidade por minuto.

4.2.6.8 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido na água de coco carbonatada foi determinado com medidor de O₂ dissolvido, TOLEDO METTLER, modelo MO128. Os resultados foram expressos em mg de O₂/L. Essa análise foi realizada somente nos lotes finais após 4 meses de estocagem em temperatura ambiente.

4.2.6.9 Análises Microbiológicas

Água de coco: as análises microbiológicas realizadas foram baseadas na Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da ANVISA. Para o grupo de alimentos 17 (sucos pasteurizados e refrigerados, incluindo água de coco) e bebidas carbonatadas (como refrigerantes). Como referência às metodologias descritas adotou-se Silva et al. (2007) , com base em DOWNES & ITO (2001).

- Bactérias lácticas, em profundidade de Ágar Soro de Laranja (OSA), com incubação em microaerofilia a 30⁰C durante 48 horas;
- Contagem de bolores e leveduras, em superfície do Ágar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC);
- Contagem de microrganismos do grupo coliformes totais até *Escherichia coli*, em série única de tubos múltiplos utilizando Caldo (LST), Caldo VB (Coliformes totais), Caldo EC (Coliformes termotolerantes) e para confirmação de *Escherichia coli*, Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) e série bioquímica IMVC (teste de indol, vermelho de metila, Voges Proskauer e citrato);

Sendo que na água de coco *in natura* foi realizado determinação de coliformes a 45⁰C/mL e na água de coco carbonatada coliformes 35⁰C/50 mL;

- Contagem de microrganismos acidúricos totais, em profundidade de Ágar Batata Dextrose Acidificado (PDA);
- Contagem de bactérias anaeróbias mesófilas ácido tolerantes, teste de presença ou ausência em Caldo Ácido com sobrecamada de Ágar 2%;
- *Salmonella*, com pré-enriquecimento em Água Peptonada Tamponada (BPW) em concentração dupla, enriquecimento seletivo em Caldo Tetracionato (TT) e Caldo Rappaport Vassiliadis Modificado (RV) e isolamento em Ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD) e Ágar Bismuto Sulfito (BS).

Água de processamento:

As análises microbiológicas realizadas foram baseadas na Portaria 518 de 25 de Março de 2004, (BRASIL, 2004)

- Contagem de microrganismos heterotróficos, em profundidade do Ágar Padrão para Contagem (PCA);
- Coliformes totais até *Escherichia coli*, em meio Colilert.

4.2.6.10 Análise Sensorial

A proposta inicial deste trabalho visou escolher a formulação ideal, ou seja, melhor volume de carbonatação e melhor doçura (°Brix) e depois avaliar os processos finais submetendo-os ao teste afetivo, com no mínimo 50 provadores não treinados para, avaliar o grau de aceitação do produto ao longo do tempo. Entretanto, devido aos resultados microbiológicos insatisfatórios, não foi possível a realização deste estudo.

4.2.7 Caracterização das Embalagens

A caracterização das embalagens utilizadas para o acondicionamento da água de coco carbonatada nos processamentos finais seguiu as normas da

American Society for Testing and Materials (ASTM), conforme descrito por Alves et al. (1998).

4.2.7.1 Dimensionamento das embalagens

O dimensionamento das garrafas foi realizado utilizando-se paquímetro da *The L.S. Starrett CO. Athol Mass U.S.A*, e medidor de espessura *Mitutoyo Absolut* modelo ID-C112B. Determinou-se a altura, o diâmetro do corpo e o diâmetro externo do gargalo.

4.2.7.2 Peso das garrafas

O peso das embalagens foi expresso em gramas medido em balança semi-analítica da marca QUIMIS modelo BG 2000, com precisão de 0,01g.

4.2.7.3 Capacidade volumétrica

Foi determinado o volume total das embalagens, utilizando-se água destilada à temperatura ambiente e proveta graduada de 100 mL e 500 mL, piceta, um dispositivo plano de poliestireno perfurado com diâmetro maior que a boca da embalagem, dispositivo esse utilizado para se minimizar a tensão superficial da água, balança semi-analítica e termômetro. Por diferença de peso e temperatura da água calculou-se a capacidade volumétrica da embalagem em mL conforme equação:

$$E_v = (E_c - E_f) / \rho$$

Onde:

E_v = capacidade volumétrica da embalagem (mL);

E_c = peso da embalagem cheia (g);

E_f = peso da embalagem vazia (g);

ρ = densidade da água na temperatura de ensaio (g/cm³).

4.2.7.4 Determinação da permeabilidade da embalagem ao oxigênio

A taxa de permeabilidade da embalagem ao oxigênio foi determinada utilizando-se o aparelho OX-TRAN 2/20 da MOCON (ASTM, 2001; ASTM,

2007). Foram realizadas medidas tanto da garrafa com e sem a tampa, em duplicata e simultaneamente.

4.2.7.5 Perda de gás carbônico

Adotou-se como método de carbonatação o processo de carbonatação química, obtida pela reação em meio aquoso do ácido cítrico e bicarbonato de sódio em quantidades definidas:



Bicarbonato de sódio ácido cítrico dihidrogenocitrato de sódio água gás carbônico

Quantidades de bicarbonato de sódio (3,4541 g) e ácido cítrico (3,4530 g) foram utilizados para se obter um volume de carbonatação de 3,0 com água 310 mL por garrafa.

O bicarbonato de sódio e o ácido cítrico foram acondicionadas em envoltórios confeccionados em papel cristal, o conteúdo de cada envelope foi virado dentro das garrafas de PET com água potável e logo em seguida as garrafas foram fechadas com as tampas (BASTOS, 2006).

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESCOLHA DO ELEMENTO FILTRANTE

Na Tabela 3 pode-se visualizar as vazões da água de coco pelos elementos filtrantes em teste.

Tabela 3. Vazão de água de coco pelos diferentes elementos filtrantes.

Elemento filtrante	Área	Vazão (mL/min)	Pressão Inicial (psi)	Pressão Final (psi)	Tempo do teste (min)
Zeta Plus 05S	0,0037 m ²	300	1,5	1,5	4
Zeta Plus 10S	0,0037 m ²	240	4,5	5,5	4
Zeta Plus 30S	0,0037 m ²	146	5	7,5	5
PolyNet 5 µm	5"	500	4	4	2
PolyNet 10 µm	5"	500	2,5	2,5	2

Analisando-se a turbidez final da água de coco filtrada por cada elemento filtrante e comparando-se com a água de coco não filtrada, Tabela 4, pode-se verificar que todos os elementos filtrantes tiveram um bom desempenho, ou seja, todos reduziram a turbidez da água de coco em no mínimo 58,8 % conforme elemento filtrante Zeta Plus 05S.

Considerando-se que o produto em questão é um alimento e que o objetivo da filtração neste trabalho é somente a clarificação da água de coco, ou seja, a redução das partículas maiores do líquido para facilitar a carbonatação, os dados abaixo indicam que os elementos filtrantes PolyNet, de porosidade 10 e 5 µm atendem o objetivo inicial. Considerando-se que quanto menor o poro dos elemento filtrante mais caro é o mesmo, o PolyNet 10 µm atende com grande satisfação os objetivos propostos para clarificação da água de coco deste projeto.

Tabela 4. Resultado da porcentagem de redução da turbidez da água de coco.

Amostra	Turbidez (NTU)		% de redução
Sem filtrar	8,86		---
Filtrada em Zeta Plus 05S	3,65	▼	58,80
Filtrada em Zeta Plus 10S	0,81	▼	90,85
Filtrada em Zeta Plus 30S	0,652	▼	92,64
Filtrada em PolyNet 10 µm	3,02	▼	65,91
Filtrada em PolyNet 5 µm	1,5	▼	83,0

Os cartuchos ZETA PLUS® (Figura 11) são filtros de profundidade, compostos de celulose e auxiliares filtrantes inorgânicos. São atóxicos e livres de asbestos e microfibras de vidro (CATALAGO ZETA PLUS). Os cartuchos filtrantes PolyNet TM (Figura 12) são tecnologia de filtração em profundidade, construídos inteiramente em polipropileno (CATALAGO POLY NET TM, 2006).



Figura 11. Elementos filtrante de celulose ZETA PLUS®.

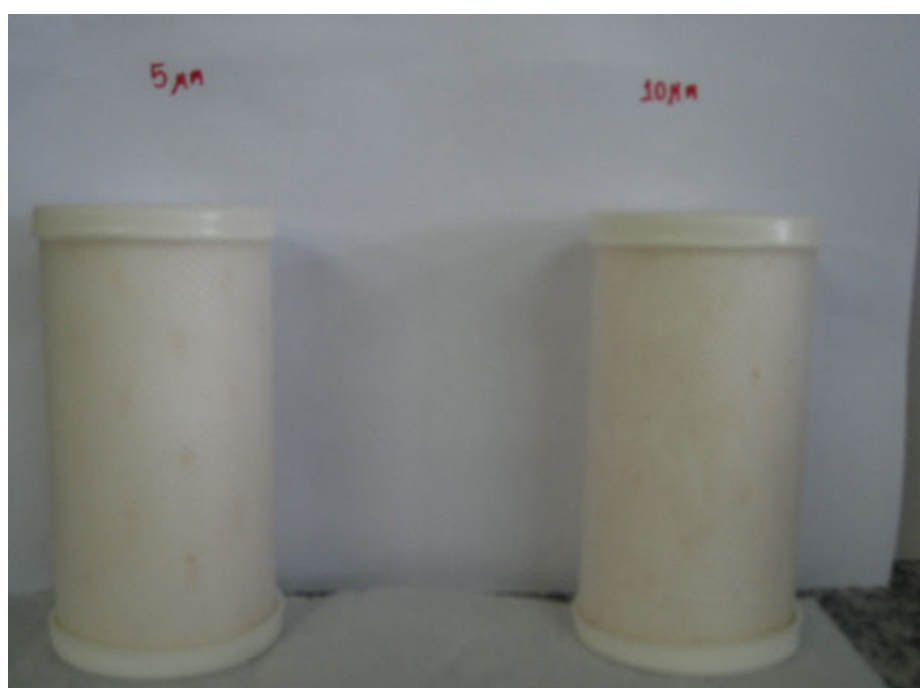


Figura 12. Elementos filtrante de polipropileno PolyNet TM

5.2 KITS DE CARBONATAÇÃO MANUAL

Os Kits de carbonatação preparados foram capazes de carbonatar tanto água potável comum como água de coco em diferentes níveis de volume de carbonatação. O volume de carbonatação foi controlado através das válvulas de pressão e manômetros acoplados a cada Kit e a temperatura do produto dentro de cada garrafa de carbonatação, através da submersão das garrafas

em banho de água, sal e gelo para a conservação da temperatura do produto entre 5 e 7°C.

A grande dificuldade encontrada na utilização dos Kits manuais de carbonatação foi sua capacidade limitada de volume, ou seja, carbonatação de pequenas quantidades de líquido porém foi muito eficiente para a realização a altos volumes, 5,5 volumes de carbonatação.

5.3 DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO DE ÁGUA DE COCO CARBONATADA

5.3.1 Análises microbiológicas

Nas Tabelas 5 e 6 visualizam-se os resultados microbiológicos nas amostras dos lotes de água de coco carbonatada, produzidos com os Kits manuais de carbonatação.

Tabela 5. Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco carbonatada – Lote Ideal de Carbonatação.

Determinação	Água de coco carbonatada
Microrganismos aeróbios mesófilos totais (UFC/mL) *	< 1
Bolores e leveduras (UFC/mL)	< 10
Coliformes totais (em 50 mL)	ausente
<i>Escherichia coli</i> (em 50 mL)	ausente

* UFC/mL: Unidades formadoras de colônia.

Tabela 6. Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco carbonatada – Lote 2 Ideal de doçura.

Determinação	Água de coco carbonatada
Microrganismos aeróbios mesófilos totais (UFC/mL) *	< 1
Bolores e leveduras (UFC/mL)	< 10
Coliformes totais (em 50 mL)	ausente
<i>Escherichia coli</i> (em 50 mL)	ausente

* UFC/mL: Unidades formadoras de colônia .

Pelas Tabelas 5 e 6 verificam-se que as amostras analisadas encontraram-se de acordo com a RDC Nº 12 de 02 de janeiro de 2001, grupo 17, item **a**, que determina ausência de coliformes em 50 mL (BRASIL, 2001).

5.3.2 Avaliação Sensorial

A carbonatação da água de coco em diferentes volumes de carbonatação, resultou numa variação do pH de 0,01 a 0,06, formulação com leve e alta carbonatação respectivamente.

A Figura 13, tem-se o gráfico correlacionando-se os níveis de carbonatação com as respectivas médias sensoriais.

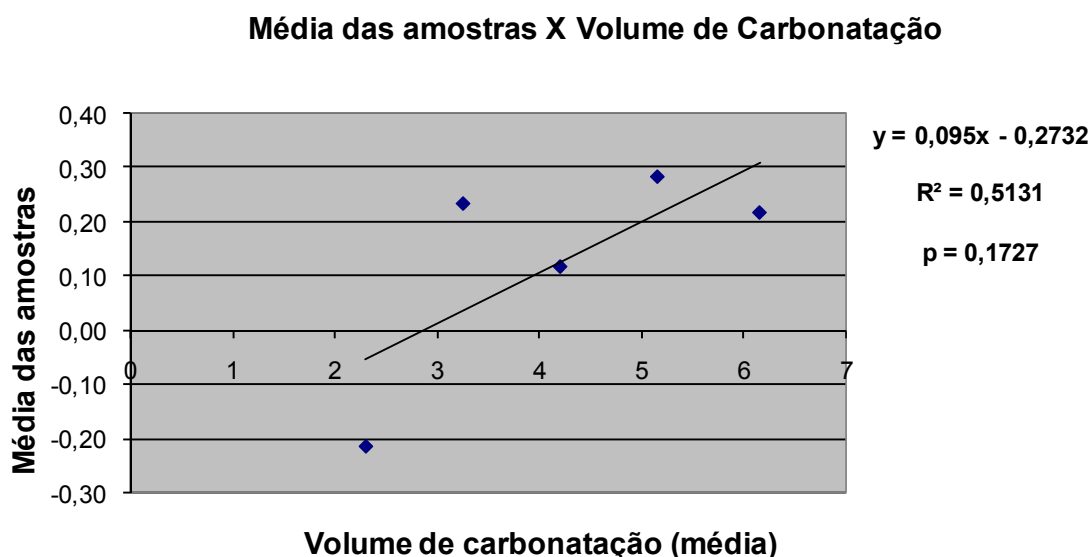


Figura 13. Análise de volume de carbonatação e as médias sensoriais.

Conforme pode ser observado na Figura 13, não foi possível obter-se uma regressão linear significativa com nível de significância $p < 0,05$ para esses dados. Assim o nível ideal de carbonatação da água de coco foi estimado através da análise dos gráficos mostrados na Figura 14.

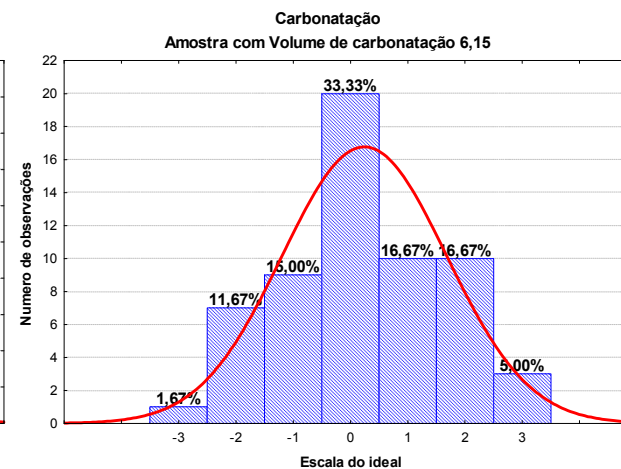
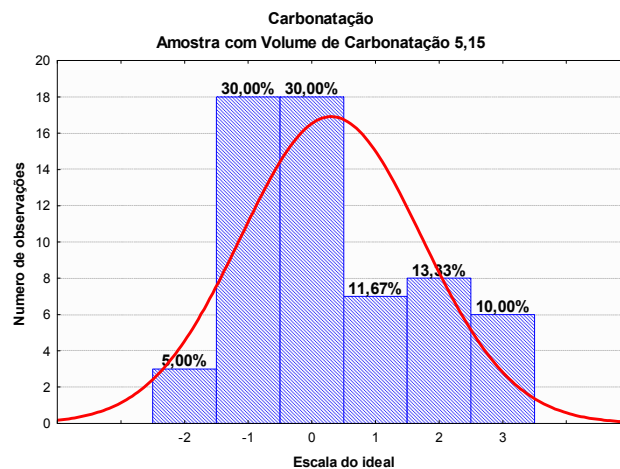
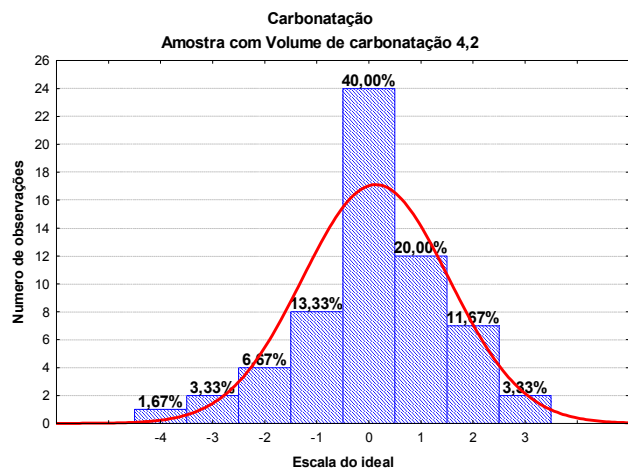
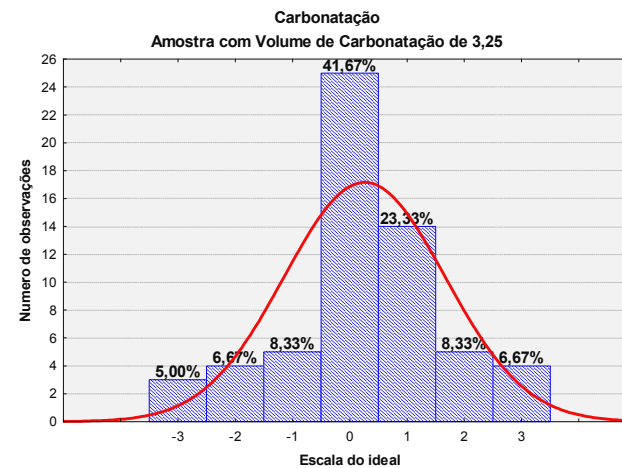
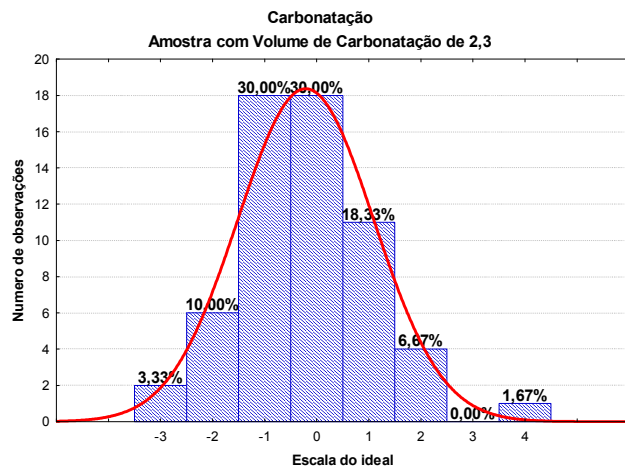


Figura 14. Ideal de carbonatação (mesmo °Brix e diferentes Volumes de Carbonatação)

Analisando a Figura 14, pode-se observar que o nível de carbonatação no qual se obteve uma distribuição normal de média e mediana próximo a zero correspondeu à água de coco carbonatada entre 4,1 e 4,3 volumes de carbonatação. Neste nível de carbonatação, 40% dos consumidores relataram que o mesmo encontrava-se ideal. Entretanto nota-se que uma porcentagem de consumidores de 41,87% também relataram que o nível entre 3,1 e 3,4 apresentava-se ideal em termos sensoriais, sendo que essa distribuição também mostra-se muito próxima a uma distribuição normal, com média e mediana próxima a zero. De fato a única distribuição que apresenta-se claramente com média e mediana abaixo de zero é aquela calculada para o nível de carbonatação entre 2,2 e 2,4.

Considerando-se que foi pré estabelecido no início deste trabalho, que a água de coco carbonatada seria envasada em garrafas PET, onde existem trocas gasosas com o meio, assumiu-se um nível de carbonatação para a bebida entre 4,1 e 4,3 como sendo ideal.

Todas essas formulações possuíam como diferencial somente a quantidade de gás carbônico, ou seja, durante a carbonatação dessas formulações variou-se a pressão para se obter diferentes volumes de carbonatação em uma mesma temperatura.

Uma nova avaliação sensorial foi realizada, com o objetivo de se otimizar a doçura da água de coco carbonatada a 4,2 (média) . Assim, fixou-se o volume de carbonatação, entre 4,1 a 4,3 e variou-se os níveis de sólidos solúveis (°BRIX) da amostra. A Figura 15, apresenta as regressões linear gerada correlacionando-se os níveis de sacarose com as respectivas médias sensoriais.

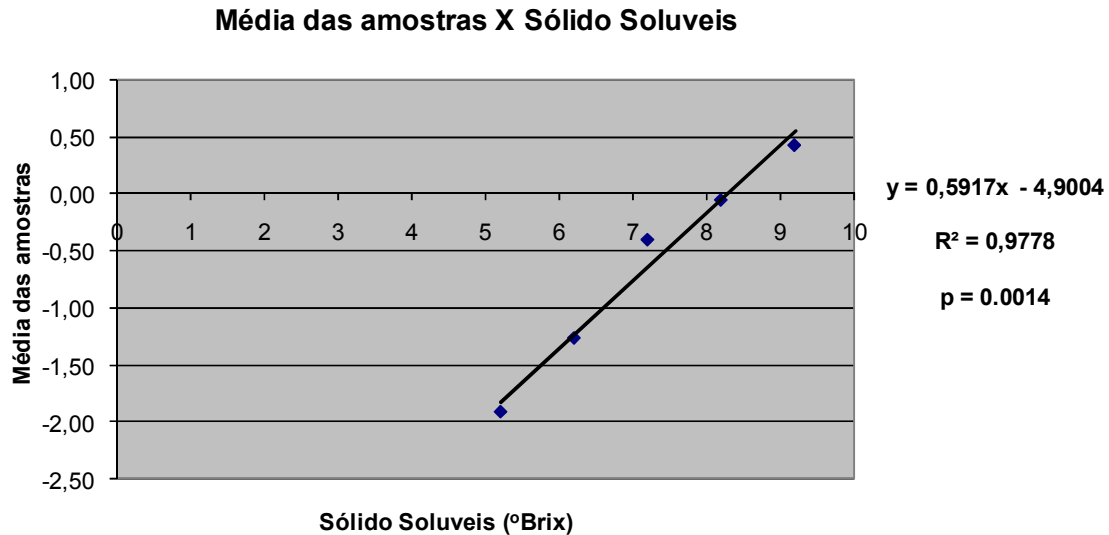


Figura 15. Análise de regressão linear entre os níveis de sacarose e as médias sensoriais.

Pela Figura 15, pode-se concluir que a melhor % de sólidos solúveis (°Brix) é no ponto onde a reta intercepta o eixo da abscissa (X), ou seja, 8,2 °Brix com nível de significância, $p = 0.0014$.

Com os dados gerados pelos consumidores, para a determinação do (s) melhores valores de sólidos solúveis (°Brix), foi possível obter-se uma regressão linear significativa com $p < 0,05$.

Assim o nível ideal de doçura da água de coco foi estimado conforme metodologia sugerida em Vickers (1988) em 8,2 °Brix. Esse resultado também pode ser visualizado com a análise dos gráficos da Figura 16.

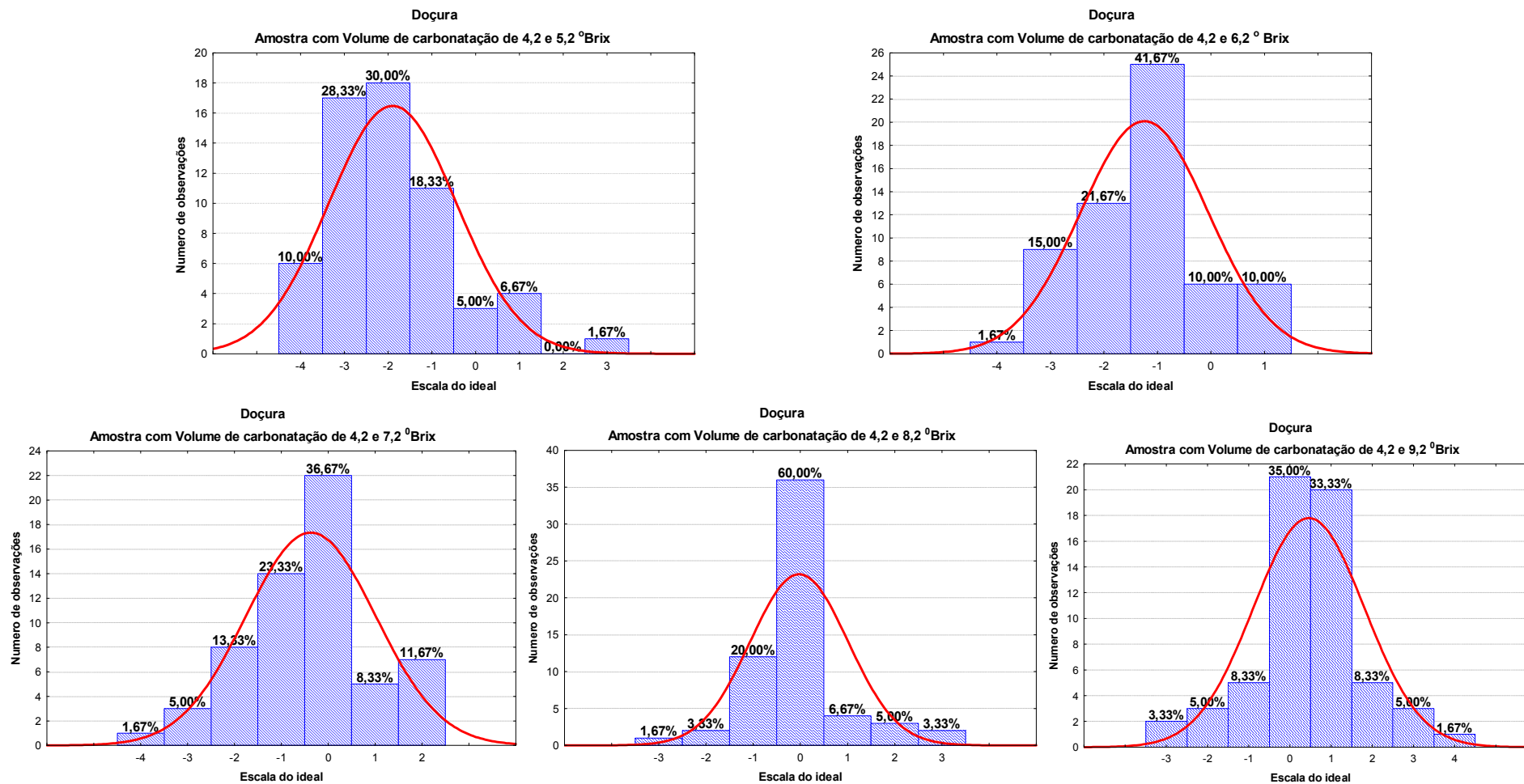


Figura 16. Amostras com volume de carbonatação fixo e diferentes concentrações de sólidos solúveis °Brix.

Verifica-se na Figura 16, que 60% dos provadores preferiram a bebida final com volume de carbonatação de 4,2 e 8,2 °Brix e 38,87% gostaram da bebida com volume de carbonatação de 4,2 e 7,2 °Brix.

5.4 AVALIAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE CARBONATAÇÃO

Em testes preliminares o equipamento piloto em desenvolvimento pelo Prof. José de Assis Fonseca Faria foi capaz de carbonatar levemente a água comum. Isso foi possível através da circulação da água, através de uma bomba centrífuga por uma solução refrigerante a - 10°C e a inserção de CO₂ na câmara de carbonatação. Porém, devido ao fato do sistema de envase não ser adequado para o processo e/ou ainda o equipamento não possuir um sistema de isolamento ou resfriamento do produto adequados, percebeu-se grande desprendimento de gás carbônico para o ambiente.

Em teste posteriores com a própria água de coco apesar do equipamento ter sido capaz de carbonatar a solução levemente, entre 1,0 a 1,5 volumes de carbonatação, percebeu-se também que durante o envase, o CO₂ era perdido para o ambiente além de grande formação de espuma no produto.

Utilizou-se posteriormente, o equipamento de carbonatação da VINOX, primeiramente em parceria com a indústria Symirise (Processamento preliminar B) e depois da chegada do mesmo equipamento adquirido pelo Laboratórios de Frutas do DTA – UNICAMP, para a realização dos demais processamentos, preliminar C e os experimentos finais I, II e III.

5.5 AVALIAÇÃO DOS TESTES PRELIMINARES

No processamento preliminar A, onde o equipamento de carbonatação utilizado, foi o protótipo de carbonatador, percebeu-se que durante o período de envase a bebida não retinha muito gás carbônico, e o equipamento não era capaz de carbonatar a bebida a altos volumes de carbonatação. Outro fator percebido foi que durante o envase manual, se perdia CO₂ para o meio devido a diferença de pressão e a falta de um sistema eficiente de contra pressão ou

câmara para alívio e equalização das pressões para auxílio do envase da bebida, com menores perda de CO₂ para o ambiente. Apesar de não ter sido obtido um produto carbonatado, decidiu-se acompanhar esse mesmo lote (A) em relação as análises microbiológicas e visuais, para observar o comportamento do produto tendo em vista que a bebida havia sofrido o processo de pasteurização, diminuição do pH e um processo de tratamento com CO₂, essas amostras foram armazenadas à temperatura ambiente no laboratório de embalagem e estabilidade de alimentos – DTA – FEA – UNICAMP.

No processo preliminar B, realizado na empresa Symrise – SP, o principal objetivo era avaliar se o equipamento desenvolvido pela Vinox era capaz de carbonatar a bebida com eficiência, a altos volumes de carbonatação (1,0 a 5,5 volumes de carbonatação). No processo preliminar C foi avaliado a eficiência de carbonatação do equipamento e a estabilidade físico-química e microbiológica.

Para maior controle das condições de higiene da matéria- prima e do processo, foram analisadas amostras da água de abastecimento da planta piloto em todos os processos preliminares e experimentos finais Essa mesma água também foi utilizada para a limpeza de todos os equipamentos e utensílios envolvidos no processo. Além disso, amostras da água de coco formulada antes do tratamento térmico e da carbonatação, também foram submetidas as análises microbiológicas.

5.5.1 Resultados obtidos no teste preliminar A

Os resultados das análises microbiológicas referentes às amostras da água da planta de processamento e da água de enxágue final do processo (equipamentos) podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultado das análises microbiológicas das amostras de água de abastecimento da planta de processo (**Preliminar A**)

Determinação	Água de abastecimento central	Água de enxágue final do processo
Microrganismos heterotróficos (UFC/mL)*	$2,3 \times 10^3$	$5,3 \times 10^3$
Coliformes totais (em 100 mL)	Presentes	Presentes
<i>Escherichia coli</i> (em 100 mL)	Ausente	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias por mL

Observando os resultados obtidos na Tabela 7, verifica-se que as amostras de água de abastecimento central e de enxágue final do processo de limpeza e sanitização, encontram-se em desacordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Portaria Nº 518 do Ministério da Saúde (Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e Padrão de Potabilidade), de 25 de Março de 2004 (BRASIL, 2004), que determina ausência de coliformes em 100 ml. Mediante esses resultados algumas medidas foram tomadas para a continuidade do trabalho: limpeza da caixa d'água do departamento, avaliação e reparo das tubulações e instalação de pré-filtros na linha.

Os resultados das análises microbiológicas referentes às amostras de água de coco antes da pasteurização podem ser visualizados na Tabela 8 e os resultados das análises microbiológicas do produto final (média de três amostras), água de coco carbonatada, podem ser observadas na Tabela 9.

Tabela 8. Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco antes da pasteurização (Teste preliminar A).

Determinação	Água de coco formulada, não pasteurizada
Coliformes totais (NMP/mL)*	0,16
Escherichia coli (NMP/mL)	<0,22
Bactérias lácticas (UFC/mL)**	<1
Bolores e leveduras (UFC/mL)	<10
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (em 2 mL)	Ausentes
Salmonella (em 25mL)	Ausente

* Número Mais provável , ** Unidades Formadoras de Colônias

Tabela 9. Resultado das análises microbiológicas das amostras de água de coco após a carbonatação (Teste preliminar A).

Determinação	Bebida Final
Coliformes totais (em 50 mL)	Presentes
Escherichia coli (em 50 mL)	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)*	$7,13 \times 10^2$
Bolores e leveduras (UFC/mL)**	$1,3 \times 10$ (est)**
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (em 2 mL).	Ausentes
Salmonella (em 25mL)	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias.

** Contagem estimada, abaixo do limite de quantificação do método.

Observando-se a Tabela 7, de acordo com o Grupo de Alimentos 17, Item h, da Resolução RDC Nº 12 de 02 de janeiro de 2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2001), as amostras de água de coco antes da pasteurização, encontravam-se de acordo com os padrões microbiológicos. Em relação à mesma Resolução, as amostras de água de coco carbonatada, encontravam-se em desacordo, pois essas são classificadas no item **a**, desse mesmo grupo de alimentos 17, que preconiza ausência de coliformes em 50 mL para refrigerantes e outros compostos

líquidos prontos para o consumo, refrescos, sucos e néctares adicionados ou não de conservadores, congelados ou não.

A contaminação verificada nas amostras de água de coco carbonatada provavelmente ocorreu devido à presença de bactérias do tipo coliformes e outros microrganismos heterotróficos presentes na água de abastecimento, mesma água utilizada para limpeza de equipamentos e utensílios .

5.5.2 Resultados obtidos no teste Preliminar B

Analisando-se a Tabela 10, verificou-se que as amostras de água encontravam-se de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Portaria Nº 518, sobre qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasil (2004).

Tabela 10. Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de abastecimento (Teste preliminar B).

Determinação	Água de abastecimento central	Água de enxague final do processo
microrganismos heterotróficos (UFC/mL) *	<1	<1
Coliformes totais (em 100 mL)	Ausentes	Ausentes
<i>Escherichia coli</i> (em 100 mL)	Ausente	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias por mL

Conforme podemos observar na Tabela 11, as amostras de água de coco formulada com ácido ascórbico, ácido cítrico e açúcar antes de qualquer tratamento térmico e carbonatação, encontravam-se de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos para o grupo de alimentos 17, item h (BRASIL, 2001).

Tabela 11. Resultados microbiológicos da água de coco formulada (Teste Preliminar B).

Determinação	Água de coco formulada, não pasteurizada
<i>Escherichia coli</i> (em 50mL)	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)*	<1
Bolores e leveduras (UFC/mL)*	3,9x10
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (2mL)	Ausentes
<i>Salmonella</i> (em 25mL)	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias por mL

Observando-se os resultados das análises microbiológicas da Tabela 12, de acordo com o grupo de alimentos 17, Item a, da RDC Nº 12 que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001), as amostras da bebida final encontravam-se em desacordo com os padrões microbiológicos, que determina ausência de coliformes em 50 mL.

Tabela 12. Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco após a carbonatação (Preliminar B).

Determinação	Bebida Final
Coliformes totais (em 50mL)	Presentes
<i>Escherichia coli</i> (em 50mL)	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)*	<1
Bolores e leveduras (UFC/mL)*	2,43x10 ²
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (em 2mL)	Ausentes
<i>Salmonella</i> (em 25mL)	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias

Essa contaminação do produto final provavelmente ocorreu após a pasteurização, no carbonatador utilizado em parceria com a empresa ou nas embalagens vazias e tampas.

A partir desses resultados microbiológicos obtidos, medidas foram tomadas para a tentativa de detecção e eliminação dos possíveis focos de contaminação na linha de processamento e nas embalagens:

- a) Abertura do pasteurizador (placas, tubulações) para limpeza, lavagem manual com esponjas, detergente neutro e água potável e sanitização de seus componentes e acessórios;
- b) Verificação da possível existência de furos ou falhas nas borrachas ou nas próprias placas;
- c) Intensificação da limpeza dos acessórios, tubulações, embalagens e contêiner e através do aumento da concentração do Sandet 286, sanitizante a base de ácido peracético em até 2%. No final de cada processo verificou-se o residual do princípio ativo do produto, através de testes rápidos de residual de peróxido da Merckoquant®, para evitar contaminação química no produto final.

5.5.3 Resultados obtidos no teste preliminar C

Todas as etapas foram realizadas na planta piloto do DTA-FEA-UNICAMP, limpeza e sanitização da matéria prima, utensílios e equipamentos foram acompanhados.

A partir do teste preliminar C, além das análises microbiológicas, foram realizadas análises físico químicas e acompanhamento visual de alteração da cor.

5.5.3.1 Análises microbiológicas

Na Tabela 13 foram expressos os resultados das análises microbiológicas da água de abastecimento das plantas piloto e da água de enxágüe final dos equipamentos e utensílios.

Tabela 13 Resultado das análises microbiológicas nas amostras de água (Teste preliminar C).

Determinação	Água de abastecimento central	Água de enxague final do processo
Microrganismos heterotróficos (UFC/mL) *	<1	<1
Coliformes totais (em 100 mL)	Ausentes	Ausentes
<i>Escherichia coli</i> (em 100 mL)	Ausente	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias

Pelos resultados da Tabela 13 as amostras de água encontravam-se de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Portaria 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), isso nos garante uma água dentro dos padrões de potabilidade exigidos pela legislação atual, para uso na manipulação e processamento na indústria de alimentos.

Nas Tabelas 14 e 15 verificam-se os valores das análises microbiológicas da água de coco natural adicionada dos ingredientes que fazem parte da formulação e da água de coco carbonatada (bebida final).

Tabela 14 Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco formulada antes da pasteurização (Teste preliminar C).

Determinação	Água de coco formulada, não pasteurizada
<i>Escherichia coli</i> (em 50mL)	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)*	<1
Bolores e leveduras (UFC/mL)*	$1,2 \times 10^2$
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (em 2mL)	Ausentes
Salmonella (em 25mL)	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias

Tabela 15 Resultados das análises microbiológicas das amostras de água de coco carbonatada.

Determinação	Bebida Final
Coliformes totais (em 50mL)	Presentes
<i>Escherichia coli</i> (em 50mL)	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)*	72
Bolores e leveduras (UFC/mL)*	<10
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (em 2mL)	Ausentes
<i>Salmonella</i> (em 25mL)	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias

Através da análise dos resultados (Tabela 14), verifica-se que as amostras de água de coco natural mais os ingredientes de formulação, encontravam-se de acordo com os padrões microbiológicos estabelecidos para o Grupo de Alimentos 17, item **h** (BRASIL, 2004).

Nas amostras de água de coco carbonatada, Tabela 15 (processo preliminar C), apesar de todas as medidas e cuidados no processamento (Boas Práticas de Fabricação e Manipulação) obteve-se resultados não satisfatórios para coliformes, ou seja, a legislação determina ausência de coliformes em 50 mL, para o Grupo de Alimentos 17, item: **a**, no qual esse tipo de produto seria classificado (BRASIL, 2001).

5.5.3.2 Observações visuais

Visualmente, a partir do terceiro dia de armazenamento à temperatura ambiente, as amostras do teste preliminar C, começaram a turvar indicando alterações microbiológicas no produto. Outros fatores que indicam essa alteração visual e de caráter microbiológico, foram os resultados da medição de pH, que diminuiu depois de 15 dias e a diminuição dos valores médios de sólidos solúveis (⁰Brix), esses valores podem ser observados no item 5.5.3.3.

5.5.3.3 Análises físico-químicas

Em razão dos resultados microbiológicos insatisfatórios, as análises físico-químicas foram acompanhadas somente pelo período de 15 dias e o acompanhamento de alteração de cor visual por quatro meses.

As Tabelas 16 e 17, mostram os valores médios das análises físico-químicas da água de coco carbonatada (processo preliminar C), em função do tempo de estocagem à temperatura ambiente.

Tabela 16. Resultados das análises físico-químicas nas amostras de água de coco carbonatada (Teste Preliminar C)

Tempo (dias)	Parâmetro				
	Vol	pH	A.T.	°Brix	A.A.
0	3,50 ± 0,46	4,32 ± 0,02	0,16 ± 0,003	7,43 ± 0,12	1,52 ± 0,28
15	3,20 ± 0,14	3,63 ± 0,003	0,30 ± 0,04	7,22 ± 0,08	16,13 ± 0,0

Vol - Volume de carbonatação (lbf/pol²) x T°C; AT - Acidez total titulável (mg de ácido cítrico/100 mL);

°Brix - Sólidos solúveis; A.A. - Ácido ascórbico (mg/L)

Tabela 17. Resultados das análises físico-químicas (cor e atividade enzimática) nas amostras de água de coco carbonatada (Teste Preliminar C)

Tempo (dias)	Parâmetro		
	ΔE	Ativ. Pol	Ativ. Per
0	2,42 ± 0,04	-0,15	-0,09
15	9,00 ± 0,49	-0,43	-0,52

ΔE - Variação de cor; Ativ. Pol.- Atividade da polifenoloxidase (U/mL/min)- Média de 2 anos

Ativ. Per.- Atividade da peroxidase (U/mL/ min) - Média de duas amostras.

Pelos resultados da Tabela 17, verifica-se que a turbidez das amostras de água de coco carbonatada elevou-se consideravelmente após 15 dias de armazenagem em temperatura ambiente. Em relação à atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase pode-se perceber atividades bem baixas, indicando a ação do ácido ascórbico adicionado na formulação desde o início da extração da água do fruto, tratamento térmico e carbonatação, diminuindo as quantidades de oxigênio disponível para reações enzimáticas. Os valores negativos no tempo zero, se deve ao ruído do equipamento, ou seja, oscilações da energia elétrica durante as análises e os valores negativos no

tempo 15 dias, sugere que a amostra teve absorvência menor que a amostra (branco) somada do ruído do equipamento (CELEGHINI, 2009).

As análises de atividade enzimática na formulação sem tratamento térmico e/ou de carbonatação foram realizadas após o término do processamento. Isso significa em média de 6 a 12 horas após a coleta da amostra.

Os resultados das análises de ácido ascórbico não estão condizentes tendo em vista que, conforme Tabela 16, ocorreu um aumento de ácido ascórbico após 15 dias de armazenamento.

5.6 AVALIAÇÃO DOS LOTES FINAIS

Foram processados três lotes finais, o experimento I, o experimento II, no qual optou-se em colocar também na formulação inicial os conservadores: sorbato de potássio e benzoato de sódio, ambos na concentração de 200 mg/L e o experimento III com a mesma formulação do experimento II (formulação base + conservadores). Todos os lotes finais foram armazenados a temperatura ambiente.

5.6.1 Análises microbiológicas

Em todos os experimentos foram coletadas e analisadas amostras da água de abastecimento da planta piloto onde foram realizados os processamentos. Seguem os resultados na Tabela 18 .

Tabela 18. Resultados das análises microbiológicas nas amostras de água de abastecimento (Lotes finais I, II e III).

Determinação	Água de abastecimento central
Microrganismos heterotróficos (UFC/mL) *	<1
Coliformes totais (em 100 mL)	Ausentes
<i>Escherichia coli</i> (em 100 mL)	Ausente

* Unidades Formadoras de Colônias

Conforme a Portaria 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), a água de abastecimento central apresentou-se adequada para consumo humano.

Amostras de água de coco *in natura*, com os ingredientes da formulação, também foram analisadas para acompanhamento da carga microbiológica inicial das matérias-primas cujos resultados podem ser visualizados na Tabela 19.

Tabela 19. Resultados das análises microbiológicas nas amostras de água de coco referentes aos experimentos finais I* e II**.

Determinação	Experimento I	Experimento II
<i>Escherichia coli</i> (em 50mL)	Ausente	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)***	<1	<1
Bolores e leveduras (UFC/mL)***	<10	34
<i>Salmonella</i> (em 25mL)	Ausente	Ausente

*** Unidades Formadoras de Colônias por mL

***Experimento I:** Água de coco + açúcar + ác. Cítrico + ác. Ascorbico

****Experimento II:** Água de coco + açúcar + ác. Cítrico + ác. Ascorbico + sorbato de potássio + benzoato de sódio

Na Tabela 20, tem-se os resultados das análises microbiológicas da bebida final, água de coco carbonatada experimentos I e II.

Tabela 20 – Resultados das análises microbiológicas nas amostras de água de coco carbonatada (Experimentos I e II).

Determinação	Bebida final *Experimento I	Bebida Final **Experimento II
Coliformes totais (em 50mL)	Presentes	Presentes
<i>Escherichia coli</i> (em 50mL)	Ausente	Ausente
Bactérias lácticas (UFC/mL)***	$3,4 \times 10^2$	$4,3 \times 10^2$
Bolores e leveduras (UFC/mL)***	$1,7 \times 10^3$	$5,0 \times 10^2$
Anaeróbios mesófilos acidotolerantes (em 2mL)	Ausentes	Ausentes
<i>Salmonella</i> (em 25mL)	Ausente	Ausente

*Experimento I: Água de coco + açúcar + ác. Cítrico + ác. Ascorbico

**Experimento II: Água de coco + açúcar + ác. Cítrico + ác. Ascorbico + sorbato de potássio + benzoato de sódio

*** Unidades Formadoras de Colônias por mL

Em todas as amostras observou-se alterações de coloração do produto, de cor inicialmente transparente para coloração branca, com turvação após o quarto ou quinto dia de armazenamento em temperatura ambiente ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) indicando desenvolvimento de microrganismos.

Tendo em vista que, água de coco carbonatada não possui legislação específica, para este trabalho usou-se como base a RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001, da ANVISA, que Regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos no Brasil. Considerando o Grupo 17, item **a**, que preconiza ausência de coliformes em 50 mL, verificou-se que as amostras de água de coco carbonatada estavam em desacordo com a legislação vigente, em relação à presença de coliformes totais (BRASIL, 2001).

Os microrganismos coliformes totais são enterobactérias considerados como indicadores das condições de higiene sanitária do processamento. Tais microrganismos são facilmente inativados por alguns sanitizantes quando a limpeza e a sanitização nos equipamentos, acessórios, e nas embalagens são realizados sob práticas adequadas. A presença desses microrganismos indica falha ou contaminação pós processamento no alimento, principalmente quando o alimento passa pelo tratamento térmico de pasteurização, porque esses mesmos microrganismo são facilmente destruídos pelo calor (SILVA et al., 2007).

O crescimento de microrganismos, tais como leveduras e bactérias lácticas, na água de coco carbonatada deve-se principalmente ao fato dela ser um meio rico em nutrientes, açúcar disponível para a utilização pelos microrganismos e pH favorável para desenvolvimento seletivo de microrganismos acidúricos.

Na Tabela 20 verificam-se, altas contagens de bactérias lácticas, bolores e leveduras. A Portaria 451/97 do Ministério da Saúde, revogada, estabelecia limites de 20 UFC/mL para bolores e leveduras em bebidas carbonatadas como refrigerantes (BRASIL, 1997b).

A legislação atual tem em foco as condições sanitárias do alimento, contudo a alteração do alimento por microrganismos deteriorantes também compromete suas condições para consumo.

Altas contagens de microrganismos no produto final, frequentemente indicam falhas em práticas higiênicas, como limpeza e sanitização de equipamentos e/ou acessórios, utilização de frutas de má qualidade (HATCHER et al., 2001).

Para a verificação da microbiota predominante que cresceu nos lotes de água de coco carbonatada, uma das causas da deterioração do produto e conforme características, bebida ácida, com produção de gás, realizaram-se novas análises microbiológicas nas amostras com 10 dias de armazenamento a temperatura ambiente (Tabela 21).

Tabela 21 – Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco carbonatadas após 10 dias de produção e armazenamento.

Contagem de microrganismos acidúricos (UFC/mL)***			
Parâmetro	Bactérias lácticas	Bolores e leveduras	Microrganismos aciduricos totais
*Experimento I	$6,5 \times 10^7$	$< 10^2$	$9,6 \times 10^5$
**Experimento II	$6,5 \times 10^7$	$< 10^2$	$2,9 \times 10^2$

*Experimento I: Água de coco + açúcar + ác. Cítrico + ác. Ascorbico

**Experimento II: Água de coco + açúcar + ác. Cítrico +
ác. Ascorbico + sorbato de potássio + benzoato de sódio

*** Unidades Formadoras de Colonia

Em relação aos resultados expressos na Tabela 21, os microrganismos isolados das amostras foram predominantemente bactérias lácticas, também observadas na determinação de microrganismos aciduricos totais.

O aparecimento de turvação e as alterações de sabor em água de coco são freqüentemente creditados às alterações microbiológicas devido a contaminação inicial da matéria-prima ou contaminação cruzada, isso principalmente, quando as boas práticas de fabricação e demais controles não são realizadas de forma adequadas (Abreu, 2005). Em bebidas carbonatadas, como os refrigerantes, as bactérias lácticas frequentemente encontradas são as dos gêneros *Lactobacillus* e *Leuconostoc* (ROCHA, 2006; DiGiacomo & Gallagher, 2001). Os *Lactobacillus* sintetizam ácido láctico, cujas conseqüências representam uma modificação de sabor e aroma, e em refrigerantes claros podem ocasionar turvação da bebida (Rocha, 2006).

Bebidas formuladas com sucos de frutas geralmente são ácidas, com valores de pH entre 2,4 a 4,2. Os baixos valores de pH nesses alimentos selecionam o crescimento de leveduras, bolores e alguns grupos de bactérias acidúricas (HATCHER, et. al., 2001). Bebidas carbonatadas, possuem pH entre 2,5 – 4,0, sua alta acidez, resulta também em baixos valores de pH e somente bactérias aciduricas, leveduras e bolores são os microrganismos mais propícios ao desenvolvimento (DiGiacomo & Gallagher, 2001)

As bebidas carbonatadas, geralmente possuem uma faixa de volume de carbonatação entre 2,0 e 4,0 volumes. Na presença de gás carbônico e

baixos teores de oxigênio, os microrganismos aeróbios são inibidos, favorecendo o crescimento dos microaerofílicos e dos anaeróbios. As leveduras são problemas frequentes em bebidas carbonatadas, devido a tolerância a alta acidez e habilidade de crescimento em baixa tensão de oxigênio. Os tipos de leveduras mais comumente encontradas são *Zygosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Toruplopsis*, *Pichia*, *Hansenula* e *Rhodotorula* (DiGiACOMO & GALLGHER, 2001).

Dentre as bactérias acidúricas mais comuns em bebidas carbonatadas destacam-se as bactérias lácticas, resistentes a conservadores como os ácidos benzóicos e sórbico e capazes de crescer em baixos pH (DiGiACOMO & GALLGHER, 2001).

Na tentativa de se descobrir os possíveis pontos de contaminação de coliformes totais na linha de processamento, realizou-se o experimento III no qual pré definiu-se alguns pontos de coleta de amostras para análises microbiológicas, coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli*. Os resultados podem ser verificados nas Tabelas 22 e 23.

Tabela 22. Resultado das análises microbiológicas em amostras de água de processo (experimento III).

Determinação	Água de abastecimento	Água carbonatada ***
Coliformes totais (em 100 mL)	Ausentes	Ausentes
<i>Escherichia coli</i> (em 100 mL)	Ausente	Ausentes
Contagem total de aeróbios mesófilos (UFC/mL)*	7 (est)**	-

* Unidades Formadoras de Colônias por mL

*** amostra para verificação do gás carbonico e acessórios.

Tabela 23. Resultados das análises microbiológicas em amostras de água de coco coletada nos diferentes pontos de processo (experimento III).

Determinação	Formulação inicial	(Saída do pasteurizador)	(amostra dos tambores de recepção	Produto final
Coliformes totais (em 50mL)	Presente	Ausente	Ausente	Presente
Coliformes termotolerantes (NMP/50mL)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Escherichia coli (em 50mL)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

* Número mais provável por 50 mL

Observando-se a tabela 23, verifica-se que o principal foco de contaminação da água de coco carbonatada encontrava-se na fase final de carbonatação (equipamento).

A estabilidade microbiológica de bebidas carbonatadas depende de sua formulação (fatores intrínsecos), como acidez, grau de carbonatação, nutrientes presentes, conservadores, quelantes e inibidores naturais presentes, como exemplo os terpenos, associada à efetiva sanitização de equipamentos e as boas práticas de manufatura (DiGiacomo & Gallagher, 2001).

O grupo dos coliformes totais são utilizados como indicadores da qualidade higiênica e sua presença pode eventualmente causar alterações do tipo, sensoriais, fermentações e estufamento do produto. A presença destes microrganismos indica más condições higiênico sanitárias durante o processamento, como também, um tratamento térmico inadequado ou contaminação pós processamento (Castro et. al., 2007; LANDGRAF, 1996).

DiGiacomo & Gallagher (2001), relata que os lugares mais comuns de contaminação cruzada na fabricação de bebidas carbonatadas são nos equipamentos de envase, tanques de mistura, carbonatadores e desaeradores.

A partir dos resultados das Tabelas 22 e 23, o equipamento de carbonatação foi desmontado e avaliado. Constatou-se que o mesmo possui diversos pontos de acúmulo de resíduos de matéria orgânica e inorgânica de processos anteriores (Figura 17, 18 e 19) provavelmente devido a inexistência de um sistema de limpeza e sanitização adequados e pontos de difícil acesso para limpeza.

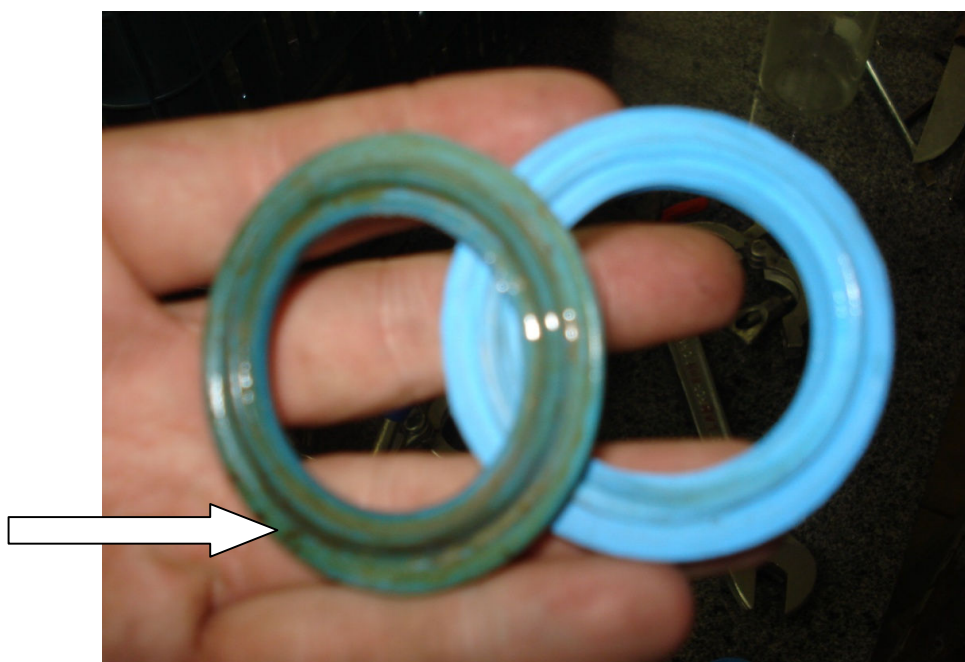


Figura 17. Borracha de vedação de um dos pontos de contaminação

A borracha de vedação mostrada na (Figura 17) localiza-se na tubulação de enchimento do produto, da câmara de carbonatação o que caracteriza um problema de má vedação da tubulação e posterior vazamento de produto e incrustação do mesmo, tornando ineficiente o sistema de limpeza e sanitização do equipamento.



Figura18. Localização da posição da borracha de vedação da figura anterior

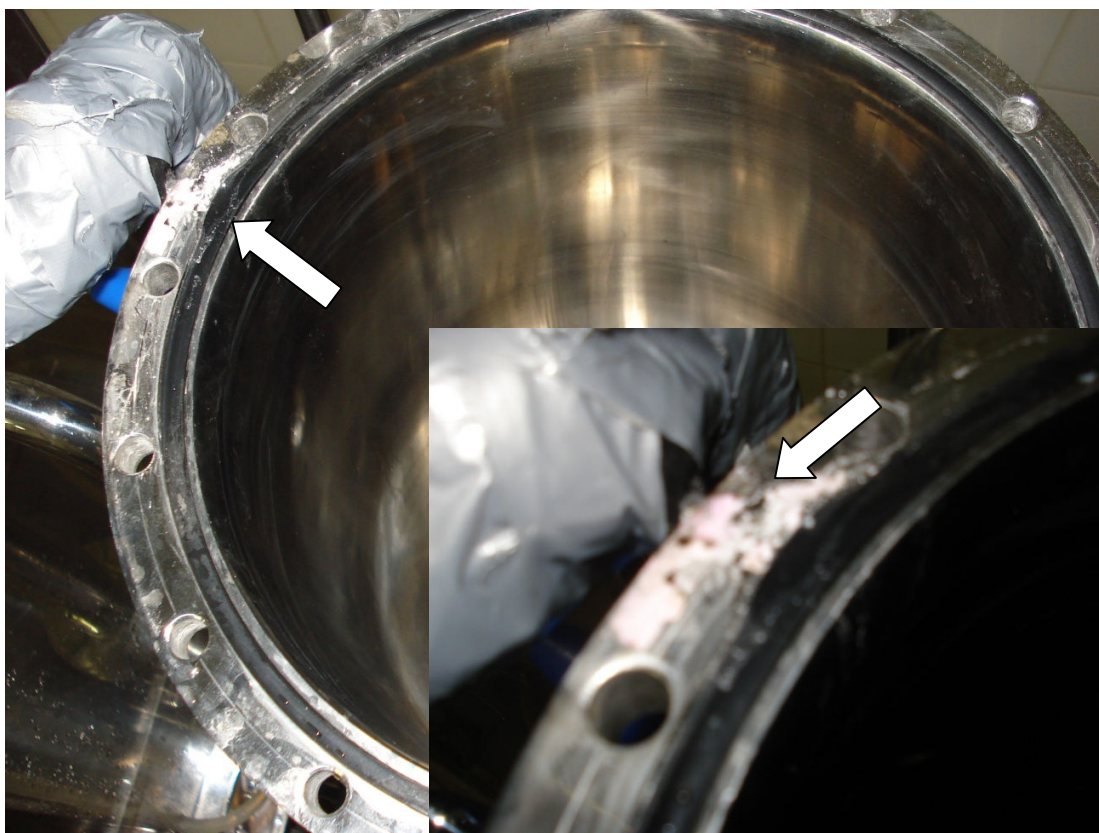


Figura19. Ponto de contaminação no vedante da câmara de carbonatação.

A Figura 19, mostra uma falha na emenda da borracha de vedação da câmara de carbonatação e na Figura 20, podemos observar pontos de contaminação na parte interna da câmara de enchimento.

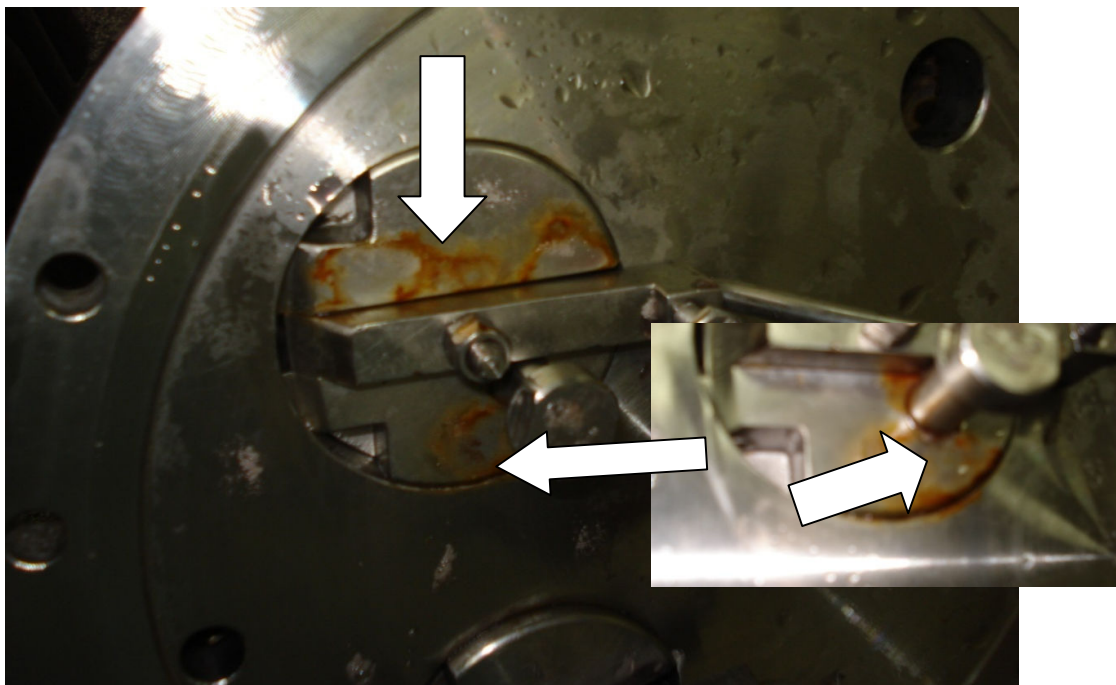


Figura 20. Ponto de contaminação cruzada na parte interna da câmara de enchimento.

Para a eliminação dos pontos de contaminação e ou para evitar a formação de biofilme se fez necessário um estudo mais aprofundado da engenharia do equipamento e sua adequação, com eliminação dos pontos mortos de acúmulo de resíduos orgânicos, sais minerais, além de, um plano mais eficiente de limpeza e sanitização (tempo x temperatura).

5.6.2 Análises físico químicas

As análises físico químicas foram realizadas até o décimo quinto dia após o processamento, com exceção das análises de cor e turbidez que foram realizadas pós 132 dias de produção.

Durante os experimentos I e II, foram engarrafadas algumas amostras com a bebida somente pasteurizada, ou seja, sem adição do gás carbônico,

para estudo da influência do gás em relação as transformações visuais na água de coco.

Na Tabela 24 tem-se os valores médios dos parâmetros físico-químicos do experimento I, da água de coco *in natura*, água de coco adicionada de ingredientes da formulação e da água de coco carbonatada (bebida final).

Tabela 24. Análises físico-químicas – **experimento final I**

Parâmetro	Água de Coco <i>in natura</i>	Água de coco + ingrediente	Água de coco carbonatada
Volume de carbonatação (lbf/pol ²) x T ^o C	0	0	4,15 ± 0,92
pH	4,86 ± 0,0	4,44 ± 0,01	4,37 ± 0,0
Acidez total titulável (mg de ácido cítrico/100mL)	0,08 ± 0,0	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,03
Sólidos solúveis (°Brix)	5,2 ± 0,0	7,65 ± 0,07	7,13 ± 0,04
Teor de ácido ascórbico (mg/L)	8,33 ± 2,06	35,0 ± 7,07	44,00 ± 4,89
Cor	L= 94,62 ± 0,03	L= 97,07 ± 0,18	L= 94,77 ± 0,18
	a= -0,36 ± 0,00	a= -0,72 ± 0,02	a= -0,56 ± 0,01
	b= 1,93 ± 0,01	b= 1,11 ± 0,03	b= 1,60 ± 0,06
Turbidez (%)	17,45 ± 0,09	17,45 ± 0,18	13,95 ± 0,04
Atividade da polifenoloxidase (U/mL)	2,44 ± 0,90*	0,02 **	0,0*
Atividade da peroxidase (U/mL)	31,93 ± 2,40**	0**	0,04**

* Média de 3 amostras em duplicata.

** Média de 2 amostras em duplicata.

Na Tabela 25, verificam-se os valores médios dos parâmetros físico-químicos da água de coco *in natura*, água de coco mais os ingredientes da formulação e da água de coco carbonatada (produto final) do experimento final II.

Tabela 25 Análises físico-químicas – **experimento final II**

Parâmetro	Água de Coco <i>in natura</i>	Água de coco + ingrediente	Água de coco carbonatada
Volume de carbonatação (lbf/pol ²) x T ⁰ C	0	0	3,00 ± 0,71
pH	4,86 ± 0,0	4,44 ± 0,01	4,37 ± 0,1
Acidez total titulável (mg de ácido cítrico/100mL)	0,08 ± 0,0	0,13 ± 0,00	0,17 ± 0,02
Sólidos solúveis (°Brix)	5,2 ± 0,0	7,73 ± 0,04	7,60 ± 0,00
Teor de ácido ascórbico (mg/L)	8,33 ± 2,06	44,0 ± 22,63	36,00 ± 5,66
Cor	L= 94,62 ± 0,03 a= -0,36 ± 0,0 b= 1,93 ± 0,01	L= 96,63 ± 0,08 a= -0,73 ± 0,02 b= 0,86 ± 0,03	L= 94,70 ± 0,45 a= -0,60 ± 0,0 b= 1,50 ± 0,05
Turbidez (%)	17,45 ± 0,09	9,01 ± 0,04	10,43 ± 0,07
Atividade da polifenoloxidase (U/mL)	2,44 ± 0,90	0,01**	-0,04**
Atividade da peroxidase (U/mL)	31,93 ± 2,40	-0,04**	0,15**

* Média de 3 amostras em duplicata.

** Média de 2 amostras em duplicata.

Em ambos os processos, a adição de gás carbônico proporcionou um leve decaimento do pH. O CO₂ quando dissolvido em água, forma o ácido carbônico (H₂CO₃), que interfere no pH e apresenta gosto ácido (BARNABÉ, 2003; SALATA, 2003).

Ocorre também o decaimento da turbidez, quando se compara o produto *in natura* e o produto com os ingredientes da formulação. Acredita-se que os processos de pasteurização e adição do gás carbônico auxilia na melhor homogeneização dos ingredientes e cisalhamento de micropartículas suspensas.

Verifica-se, também, que em ambos os processos, a atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase reduzem para praticamente zero tanto na água de coco com a adição dos ingredientes da formulação (ac. cítrico, ac. ascórbico e açúcar) como na água de coco carbonatada no tempo zero.

Campos et. al. (1996), conclui que a adição do ácido ascórbico na concentração de 200 ppm reduzia significativamente a atividade da polifenoloxidase e da peroxidase na água de coco verde, para zero de atividade.

Pode-se notar que a média do volume de carbonatação do experimento II é menor do que do experimento I, isso ocorreu pelo fato do fechamento das garrafas ter ocorrido manualmente.

Tendo em vista, que os resultados microbiológicos da bebida final não foram satisfatórios em relação aos padrões da legislação vigente (BRASIL, 2001), não se realizou o estudo e acompanhamento sensorial da água de coco carbonatada.

As análises físico químicas foram realizadas no tempo 0 e após 15 dias, com exceção, à análise de cor no qual foi realizado um acompanhamento visual das alterações e acompanhamento com o equipamento colorímetro (cor e turbidez) após produto ter atingido 4 meses de fabricação.

Tabela 26 – Resultados das análises físico-químicas de água de coco carbonatada, em função do tempo de armazenamento em temperatura ambiente (Experimento final I).

Tempo (dias)	Parâmetro			
	Vol	A.T.	°Brix	A.A.
0	4,15 ± 0,92	0,14 ± 0,03	7,13 ± 0,04	44,00 ± 4,89
15	5,57 ± 0,21	0,28 ± 0,02	6,97 ± 0,08	10,00 ± 1,49

Vol - Volume de carbonatação (lbf/pol²) x T°C;

AT - Acidez total titulável (mg de ácido cítrico/100 mL);

°Brix - Sólidos solúveis; A.A.- Ácido ascórbico (mg/L)

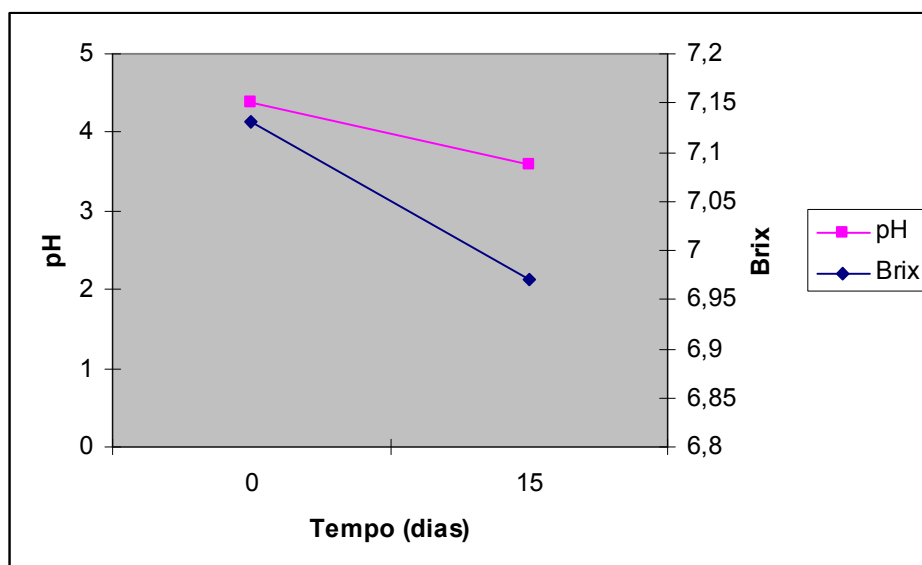


Figura 21. Variação de pH e Brix da água de coco carbonatada estocada em temperatura ambiente – Experimento I

Tabela 27. Resultado das análises físico-químicas em amostras de água de coco carbonatada, em função do tempo de armazenamento em temperatura ambiente (**Experimento final II**).

Tempo (dias)	Parâmetro			
	Vol	A.T.	°Brix	A.A.
0	3 ± 0,71	0,17 ± 0,02	7,60 ± 0,0	36,00 ± 5,66
15	3,70 ± 0,10	0,28 ± 0,01	7,50 ± 0,0	7,29 ± 2,83

Vol - Volume de carbonatação (lbf/pol²) x T°C;

AT - Acidez total titulável (mg de ácido cítrico/100 mL);

°Brix - Sólidos solúveis; A.A.- Ácido ascórbico (mg/L)

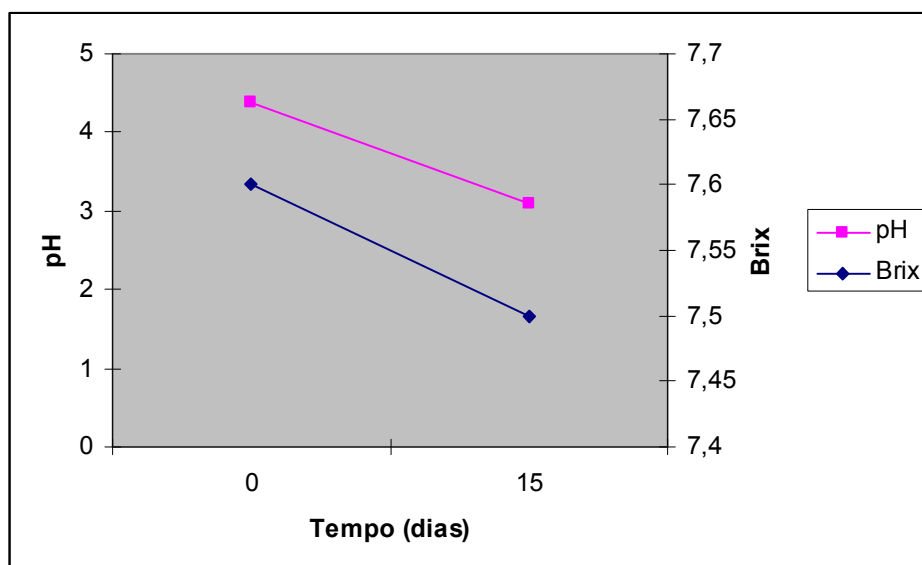


Figura 22. Variação de pH e Brix da água de coco carbonatada estocada a temperatura ambiente – Experimento II

Analisando as Tabelas 26 e 27 e Figuras 20 e 21, observou-se um aumento do volume de carbonatação, queda da porcentagem de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) e diminuição do pH.

Dois eventos podem estar relacionados a queda do pH nas amostras de água de coco carbonatada ao longo de sua armazenagem: crescimento microbiano e a degradação do ácido ascórbico.

As alterações em condições de anaerobiose são causadas por bactérias aeróbias facultativas e anaeróbias. Dentre esse grupo encontram-se as bactérias lácticas que se utilizam de açúcares durante o processo de fermentação produzindo ácidos como ácido láctico, acético e/ou succínico. Durante essa fermentação ocorre o acúmulo de ácido e o pH pode ser alterado, outro produto dessa fermentação é a produção de gás (CO_2) aumentando a pressão interior das embalagens (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

A degradação do ácido ascórbico é relatada por diversos autores e suas principais consequências são a redução do pH de sucos e outras bebidas e a mudança da coloração.

Maeda *et. al.* (2007), constatou em seu trabalho com néctares de camu-camu uma redução do pH em diferentes tempos de estocagem. A redução do pH durante o armazenamento também foi relatada por Oliva (1995) em frutos e néctares de acerola sem tratamento térmico armazenado congelado, e néctares tratados termicamente e armazenados em temperatura ambiente e refrigerados.

Os resultados da cor e turbidez dos experimentos podem ser visualizados nas Tabelas 28 e 29 e Figuras 22 e 23.

Tabela 28. Análises físico-químicas (cor e turbidez) – **Experimento final I**

Tempo (dias)	Cor			Turbidez
	L	a	b	
0	94,77 ± 0,18	-0,56 ± 0,01	1,6 ± 0,06	13,95 ± 0,04
15	91,19 ± 0,13	0,05 ± 0,02	6,34 ± 0,17	70,16 ± 0,04
132	87,38 ± 0,22	0,19 ± 0,01	19,03 ± 0,0	66,83 ± 0,03

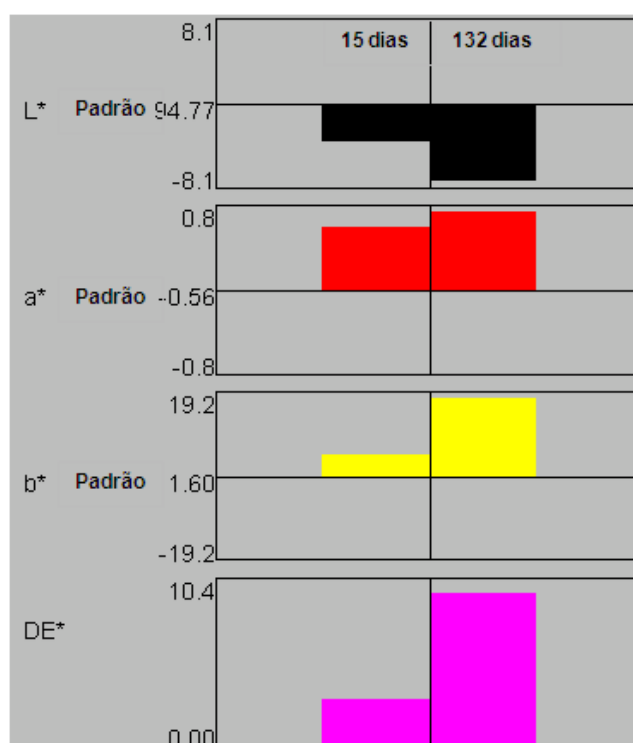


Figura 23. Gráfico da variação de cor das amostras de água de coco carbonatada – experimento final I

Tabela 29. Cor e turbidez – **Experimento final II**

Tempo (dias)	Cor			Turbidez
	L	a	b	
0	94,70 ± 0,45	- 0,60 ± 0,0	1,50 ± 0,05	10,43 ± 0,07
15	92,53 ± 0,08	0,16 ± 0,03	6,21 ± 0,08	84,01 ± 0,10
132	87,42 ± 0,11	0,23 ± 0,09	23,22 ± 0,48	73,78 ± 0,10

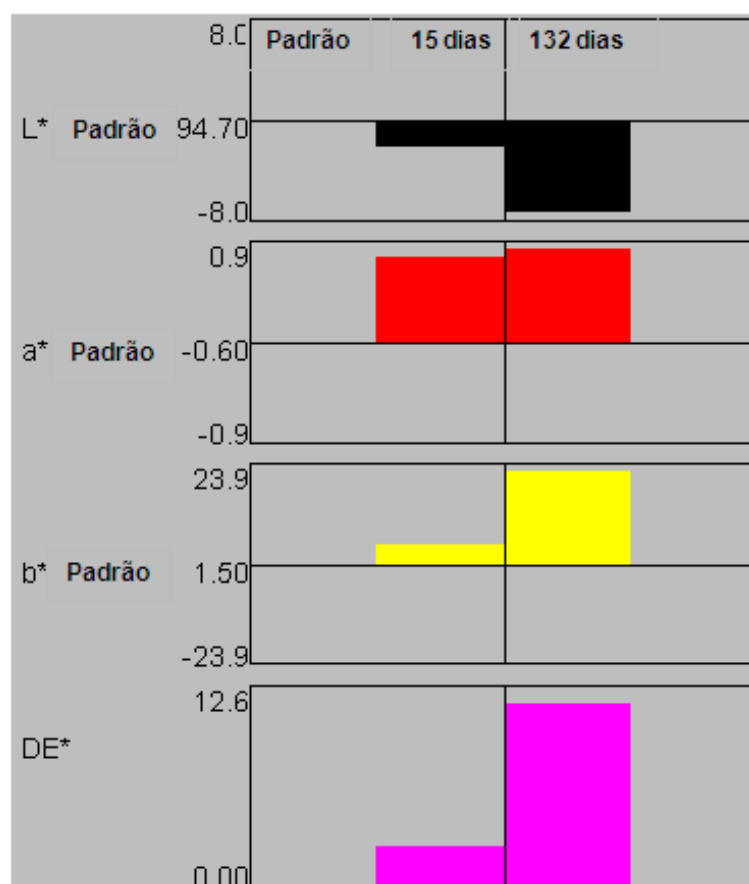


Figura 24. Gráfico da variação de cor das amostras de água de coco carbonatada – experimento final II

Analisando os gráficos das Figuras 23 e 24 verifica-se que as amostras, ao longo da estocagem, tornaram-se mais escuras que o padrão (amostra no tempo = 0) , mais vermelhas e mais amarelas e com o tempo a variação DE* ou diferença entre as amostras aumentaram em relação ao padrão.

Durante a estocagem dos lotes dos experimentos finais I e II observou-se que todas as águas de coco carbonatadas tiveram um escurecimento progressivo, esse escurecimento pode ser atribuído, em parte, à degradação do ácido ascórbico (ABREU & FARIA, 2007).

Os principais fatores que podem afetar a degradação do ácido ascórbico em suco de fruta, incluem o tipo de processamento, condições de estocagem, tipo de embalagem, oxigênio, luz, catalisadores metálicos, enzimas e pH. Alguns autores também relatam a influência da concentração de sais e de açúcar, concentração inicial do ácido ascórbico e carga microbiana (TEIXEIRA & MONTEIRO, 2006).

As reações de degradação do ácido ascórbico em suco de fruta são predominantemente de natureza não-enzimática, e podem seguir duas vias consecutivas e/ou paralelas: aeróbica e anaeróbica.

Conforme descrito por Teixeira & Monteiro (2006), em condições aeróbicas, o ácido ascórbico é transformado em ácido dehidroascórbico que passa a ácido 2,3-dicetogulônico produzindo, finalmente, hidroxifurfural. O hidroximetilfurfural (HMF) também é produzido, e pode ser originado da reação de degradação do ácido ascórbico e/ou de açúcares com aminoácidos, levando à formação de compostos escuros que são responsáveis pelo escurecimento do suco (*browning*). Em condições anaeróbicas, o ácido ascórbico decompõe-se em ácido 2,5-dihidro-2-furanóico que passa a dióxido de carbono e furfural. O furfural sofre polimerização como um aldeído ativo e pode se combinar com aminoácidos, contribuindo, também, para o escurecimento do suco.

A degradação do ácido ascórbico e as reações de Maillard e de caramelização têm sido associadas a reações de escurecimento em alimentos durante o processamento e a estocagem.

Maeda et al., (2007), avaliou a estabilidade do ácido ascórbico presente em néctar de camu camu sob diferentes condições de luminosidade e temperatura. O néctar obtido foi submetido a quatro tratamentos que consistiram de diferentes condições de armazenamento: refrigeração e

ausência de luz (RE); refrigeração e presença de luz (RL); temperatura ambiente e ausência de luz (AE); e temperatura ambiente em presença de luz (AL). Em relação às perdas de ácido ascórbico nos néctares, constatou-se que houve maiores perdas naqueles armazenados a temperatura ambiente, chegando a 20% ao final do armazenamento, enquanto que os armazenados sob refrigeração, tiveram perdas de 12 a 14%.

No mesmo trabalho, Maeda et al., (2007) constatou uma redução do pH em diferentes tempos de armazenamento, permanecendo praticamente constante a partir de 15 dias nos tratamentos AE e AL. Já a exposição ou não do néctar à luz não afetou significativamente os teores de ácido ascórbico.

Em ambos os experimentos (I e II), verifica-se uma redução da turbidez do 15º dia, para o 132º dia. Esse fato ocorre devido a precipitação de partículas suspensas, devido as reações microbiológicas e químicas que ocorrem durante o armazenamento.

5.6.2.1 Teor de oxigênio dissolvido na água de coco carbonatada

O teor de oxigênio dissolvido foi medido após 132 dias de processamento dos lotes experimento finais I e II.

Todos os lotes de água de coco carbonatada foram envasadas em garrafas de PET. A garrafa de PET é uma embalagem permeável o que possibilita as trocas gasosas com o meio. Na Tabela 30 visualiza-se as médias de três amostras de cada lote.

Tabela 30. Teor de oxigênio dissolvido em amostras de água de coco carbonatada.

Experimento (132 dias)	Parâmetro
	O ₂ (mg/L)
I	1,126 ± 0,031
II	1,212 ± 0,090

5.6.3 Observações Visuais – experimentos finais

Quando a água do coco entra em contato com o ar fica susceptível a contaminação de origem microbiana e também pode sofrer oxidação enzimática. Esses processos podem alterar a sua cor natural, podendo ficar turva, mudança de coloração como para rosada (ABREU, 1999).

Nenhuma das amostras de água de coco carbonatada, mesmo após quatro meses de monitoramento, visual da coloração, adquiriram ou ficaram rosadas, porem duas das doze garrafas que continham somente água de coco *in natura* com ingredientes da formulação, adquiriram a coloração levemente rosada.

Observou-se que dentre doze garrafas de água de coco carbonatada, após abertas e mesmo armazenadas sob refrigeração, uma delas apresentou líquido levemente rosado, o que indica a grande atuação do oxigênio na transformação da coloração da água de coco de transparente para rosada.

5.7 CARACTERIZAÇÃO DAS EMBALAGENS

5.7.1 Dimensionamento das embalagens

Na Figura 25 visualiza-se a caracterização dimensional das garrafas de PET utilizadas no acondicionamento do produto final.

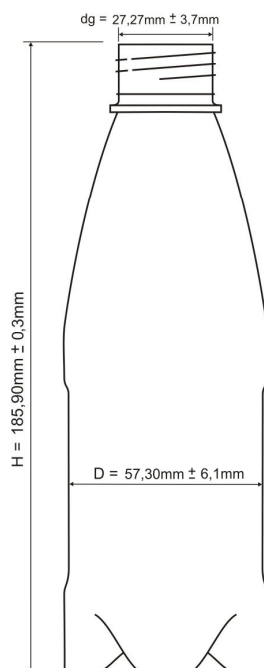


Figura25. Caracterização dimensional das garrafas de PET.

5.7.2 Peso das embalagens e capacidade volumétrica

Na Tabela 31 estão apresentadas as medidas de massa das garrafas e das tampas.

Tabela 31. Média das massas das embalagens e capacidade volumétrica

Massa (g)	
Garrafa de PET	$16,49 \pm 0,05$
Tampa	$3,28 \pm 0,02$
Capacidade volumetrica (mL)	
Volume Total	$348,58 \pm 1,32$

Média de 15 amostras

5.7.3 Determinação da permeabilidade do sistema de embalagem ao oxigênio

Na Tabela 32 tem-se os resultados das medidas de permeabilidade ao oxigênio das embalagem com e sem tampa. O teste foi realizado em ambiente com temperatura média de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Tabela 32 Permeabilidade ao O₂

Permeabilidade ao O ₂ (cm ³ /embalagem/dia/atm)	
Garrafa PET	0.047 ± 0.001
Garrafa + Tampa	0.52 ± 0.1

Durante a análise verificou-se que as duas amostras possuíam taxa de permeabilidade ao oxigênio baixa e que a vazão de O₂ está dentro dos padrões para o tipo de embalagem e sistema de fechamento.

O fato da embalagem ser de material polimérico (PET), ou seja, com uma determinada permeabilidade ao oxigênio, poderá contribuir para o progressivo escurecimento do produto e reações bioquímicas. Segundo Toledo (1986), o oxigênio permeado pelo sistema tampa-embalagem tem uma pequena influência sobre a degradação do ácido ascórbico quando existe um espaço livre considerável.

6.0 CONCLUSÕES

Em relação a quantidade de CO₂, a maioria dos provadores que participaram desta pesquisa consideraram como ideal as amostras de água de coco carbonatada com volumes entre 3,1 a 3,4, seguido das amostras com volume de carbonatação entre 4,1 a 4,3.

Quando a formulação de água de coco, possuía volumes de carbonatação entre 4,1 a 4,3, a maioria dos consumidores consideraram a quantidade de sólidos solúveis de 8,2 °Brix como ideal de doçura, seguido das amostras com 7,2 °Brix .

O carbonatador piloto requer melhorias em relação ao sistema de refrigeração e ajuste do nível de enchimento das garrafas, para obtenção de maiores níveis de carbonatação. O carbonatador comercial testado permitiu obter bebidas carbonatadas com altos níveis de carbonatação (5,5), porém, requer ajustes de higienização nos procedimentos.

Os cartuchos PolyNet de 10 µm e o de 5 µm foram eficientes na clarificação da água de coco, 65,91% e 83% redução da turbidez (NTU) respectivamente.

O Kit de carbonatação manual desenvolvido nesta pesquisa foi útil para os testes sensoriais e poderão ser utilizados sempre que for necessário para a produção de pequenas quantidades de produto.

O processo de carbonatação criou um ambiente seletivo de microrganismos na água de coco carbonatada. O baixo pH (meio ácido) e o ambiente de baixa tensão de oxigênio favoreceram o crescimento das leveduras e das bactérias lácticas. O crescimento de bactérias lácticas na água de coco foi favorecido pelo meio rico em nutrientes como aminoácidos nitrogenados.

O oxigênio atuou fortemente nas transformações de coloração da água de coco, tanto *in natura*, pasteurizada, como na carbonatada ficando em alguns casos levemente rosa e em outros marrom.

Os dados gerados nesta pesquisa são de grande importância para as indústrias produtoras de sucos de frutas e refrigerantes, que podem diminuir suas contaminações microbiológicas através de um bom programa de Boas Práticas Higiênicas e monitoramento frequente da qualidade microbiológica do produto, ingredientes, água, equipamentos, embalagem e ar ambiente.

Sugestões para pesquisas futuras:

- Testar diferentes conservadores químicos para a obtenção de uma bebida estável comercialmente;
- Adequar sistema de higienização dos carbonatadores utilizados nesta pesquisa;
- Pesquisar sobre a estabilidade da cor da bebida carbonatada, ou seja, evitar reações de escurecimento.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ABIR. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não alcoólicas. **Panorama da Indústria de refrigerantes e bebidas não alcoólicas no Brasil**. FIPE, 2007.
- 2) ABIR. Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não alcoólicas. **Panorama da Indústria de Refrigerantes e Bebidas não Alcoólicas no Brasil**. 2009. Disponível em:
http://www.abir.org.br/article.php3?id_article=3632. Acesso: 01/03/2009.
- 3) ABREU, F. **Entrevista concedida a Carolina Valadares. Água de coco industrializada sem conservante estará no mercado até o final do ano**. Ciência, Tecnologia & Meio ambiente, 1999. Disponível em:
http://www.radiobras.gov.br/ct/1999/materia_250699_3.htm. Acesso: 12/03/2009.
- 4) ABREU, L. F.; ARAÚJO, A.V.; ARAUJO, E. A. F. EL-AOUAR, A. A.; NEUMANN, D., MORAIS, M. M., SILVA, M. A. A. P. **Perfil sensorial e aceitabilidade de amostras de água de coco obtida por diferentes processos de fabricação**. Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 23, n. 2, p. 397 – 412, 2005.
- 5) ABREU, L. F E; FARIA, J. A. F. Influencia da temperatura e do acido ascórbico sobre a estabilidade físico-química e atividade enzimática da água de coco (*Cocos nucifera L.*) acondicionada assepticamente. **Cienc. Tecnol. Alimentos**, Campinas, 27(2): 226-232, abr.-jun. 2007.
- 6) ABREU, L.F. **Avaliação e adaptação de sistema asséptico para obtenção de água de coco (*Cocos Nucifera L.*) acondicionada em embalagens plásticas**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, Campinas. 198p., 2005.
- 7) AGÊNCIA Brasil. **Água de coco do Brasil começa a ganhar o mundo**. Entrevista de 17/03/2004. Disponível em:
<http://www.netbabillions.com.br/bolsa/bolsa246.htm>. Acesso em: 20/02/2006.

- 8) ALVES, R.M.; OLIVEIRA, L.M.; COLTRO, L.; GARCIA, E.E.C.; SARANTOPÓULOS, C.I.G.L.; PADULA, M. Ensaio para avaliação de embalagens plásticas rígidas. **Centro de Tecnologia de Alimentos – ITAL**. Campinas, 1998. 224p.
- 9) ANTONIOLLI, L. R.; BENEDETTI, B. C.; SOUZA FILHO, M. S. M; BORGES, M. F. Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi ‘Perola’ minimamente processado. **Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal** – SP, v. 27, n. 1, p. 157 – 160, Abril 2005.
- 10) ARAGÃO, W. M. **A importância do coqueiro anão verde**. Embrapa. Publicação em 20/06/2000. Disponível em: <http://www21.sede.embrapa.br/noticias/artigos/2000/artigo.2004-12-07.2461636373/>. Acesso em: 23/02/2006.
- 11) ARAGÃO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. O. Água de coco. Aracaju: Embrapa CPATC/ Tabuleiros Costeiros, 2001. (**Série Documentos 24**).
- 12) ARAGÃO, W. M. **Processos convencionais de conservação de água de coco**. In: Coco: pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002 p. 9-10.
- 13) ASTM. American Society for Testing and Materials. Standard D3985 - 05 **Test Method for Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor**, 2001. Disponível em: www.astm.org
- 14) ASTM. American Society for Testing and Materials. Standard F1307 - 02(2007) **Test Method for Oxygen Transmission Rate Through Dry Packages Using a Coulometric Sensor**. Disponível em: www.astm.org
- 15) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO PET ABEPET. Disponível em <http://www.abepet.com.br/oqepet.php> Acesso em: 13/03/2006.

- 16) ATKINS, P.; JONES L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Traduzido Ignez Caracelli et. al. Porto Alegre. Bookman, 2001 p. 721.
- 17) BARNABÉ, D. **Refrigerantes de acerola produzidos a partir de suco desidratado e extrato seco da fruta: análise química, sensorial e econômica**. Dissertação de Mestrado UNESP. Botucatu. p. 13-14, 2003.
- 18) BARNABÉ, D.; FILHO, W. G. V. Características Físico-Químicas e Sensoriais de Refrigerantes de Acerola Produzidos a partir de Suco Desidratado e Extrato Seco da Fruta. **Brazilian Journal of Food Technology**, n.162, 2004. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/brazilianjournal/free/c04162.pdf>. Acesso em: 17/04/2006.
- 19) BASTOS, H. B. **Avaliação de sistemas de fechamento para embalagens de polietileno tereftalato (PET) na retenção de CO₂**. Dissertação de Mestrado, Unicamp, 2006; 116p.
- 20) BENASSI JÚNIOR, M. B. **Avaliação da influência do grau de maturação do fruto cítrico na composição química e sensorial de refrigerantes , refrescos e energéticos à base de suco de laranja**. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas,; p.13, 2005.
- 21) BERNABÉ, B.; SALATA, C. C.; FILHO, W. G. V. **Refrigerantes in Tecnologia de Bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. Editora Edgard Blucher Ltda, 2005.
- 22) BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. **Aprova o Regulamento Técnico: Aditivos Alimentares definições, classificação e emprego**. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=88>. Acesso: 24/11/2007.
- 23) BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Decreto nº 2314, de 04 de setembro de 1997a. **Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o**

registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php>, Acesso em: 10/04/2006

- 24) BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 451 de 19 de Setembro de 1997b, Aprovar o Regulamento Técnico Princípios Gerais para o Estabelecimento de Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos e seus Anexos I, II e III.(Revogada)
- 25) BRASIL. Ministério da Integração Regional. **Fruti Séries 3.** Coco verde. São Paulo. Brasília, SRH-IICA, 1998.
- 26) BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n: 12, de 02 de janeiro de 2001. **Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para alimentos.** Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144>. Acesso: 20/02/2009.
- 27) BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº39, de 28 de Maio de 2002. **Aprova o Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade da água de coco.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 12/02/2006.
- 28) BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. In: Agricultura Brasileira em Números. **Anuário 2004.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 12/02/2006.
- 29) BRASIL.Ministério da Saúde. Portaria N.º 518, de 25 de Março de 2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.** Acesso: 04/03/2009. Disponível em: http://dtr2004.saude.gov.br/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf
- 30) BRASIL.Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento – MAPA. **Manual de Métodos de análises de bebidas e vinagres. Não alcoólicos, 2006a.**
- 31) CALVETTE, Y. M. A. **Enzimas da água de coco: caracterização da peroxidase e uso de alta pressão hidrostática para inativação das**

- enzimas deteriorantes.** Tese de doutorado em química biológica. UFRJ, 2007, 190fls.
- 32) CAMPOS, C. F.; SOUZA, P. E. A.; COELHO, J. F.; GLÓRIA, M. B. A. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation of flavor quality of green coconut water. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 20, p. 487-500, 1996.
- 33) CARACTERISTICA do coco . **Toda Fruta. Núcleo de estudos UFLA**, Edição: 20/01/2003. Disponível em:
http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=136
2. Acesso em: 02/02/2006.
- 34) CARVALHO, J.M.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M.; Jr.MAIA, G.A.. Água-de-coco: Propriedades nutricionais, funcionais e processamento Water of coconut: Nutritional and functional properties and processing. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 437 – 452, jul. / set. 2006.
- 35) CASTRO, V. S.; NASCIMENTO, V. L. V.; OLIVEIRA, D. S. V.; SOARES, M. J. S.; SILVA, M. J. M. Pesquisa de coliformes e *Staphylococcus* coagulase positivo em queijo minas frescal comercializado em Teresina – PI. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa - PB – 2007.
- 36) CATALAGO POLY NET TM. **Cartuchos absolutos de polipropileno – 3M**, 2006.
- 37) CATALAGO ZETA PLUS Meios filtrantes de densidade graduada com zeta potencial de uma bebida com características próximas às da água de coco.
- 38) CERPLAST. **Embalagens Plásticas LTDA**. Disponível em :
<http://www.cerplast.com.br> Acesso em: 29/03/2006.
- 39) CELEGHINI, R. M. S. Responsável Técnica pelo Laboratório de Apoio – Instrumentação – DTA – FEA – UNICAMP, comunicação pessoal, 11 de maio de 2009.

- 40) CORREA NETO, R. F. ; FARIA, J. A. F. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** [online]. 1999, v. 19, n. 1 [cited 2008-11-24], pp. 153-161. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611999000100028&lng=en&nrm=iso . ISSN 0101-2061. doi: 10.1590/S0101-20611999000100028.
- 41) COSTA, L. M. C.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Avaliação de água de coco obtida por diferentes métodos de conservação. **Ciência Agrotec de Lavras**, v. 29, n.6, p. 1239-1247, nov./dez, 2005.
- 42) CURSINO, M. M.; SABAA S. A.; LOURENÇO, M.; PEREIRA, W. Contribuição à industrialização da água de coco (Cocos nucífera) verde. In: Anais Poços de Caldas: SBCTA - **Congresso Brasileiro de ciência e Tecnologia de Alimentos**. Poços de Caldas, 1996. Disponível em: http://www.sebraees.com.br/ideiasnegocios/pag_mos_ide_neg.asp?id=269&tipoobjeto=3&objeto=269&botao=0#bibliografia . Acesso: 30/03/2006.
- 43) DIAS, T. Filtração de bebidas: Bebidas livres de impurezas. **Revista meio filtrante**, ano V, Edição 25 de Março/Abril de 2007 pag. 6 a 11.
- 44) DiGIACOMO, R. ; GALLAGHER, P. Soft Drinks, p. 569, In F. P. Downes and K. Ito (eds.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods** 2001. American Public Health Association, Washington, DC.
- 45) DOWNES, F. P. ; ITO, K. (eds.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 4th ed. American Public Health Association, Washington, D. C., 2001.
- 46) ELEMENTOS de apoio para o Sistema APCC. **Série Qualidade e Segurança Alimentar**. Projeto APPCC Indústria. Convenio CNI/SENAI/SEBRAE. Brasília. 361p., 2000.

- 47)EQUIPAMENTOS utilizados na filtração do mosto cervejeiro, 2003
Disponível em: http://www.cervesia.com.br/sala_de_cozimento.asp.
Acesso em: 24/04/2006.
- 48)EVANGELISTA, J. Tecnologia de alimentos. Editora: Atheneu. São Paulo, 652p., 2000.
- 49) FARIA, J. A. F. Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. **Extrator de água de coco**. Campinas: Unicamp, 2003
- 50).FIPE. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. **Uma agenda de competitividade para a indústria paulista setor de bebidas**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, Fev./2008. Disponível em: http://www.ipt.br/atividades/pit/notas/files/NT_Bebidas.pdf. Acesso: 12/03/2009.
- 51)FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Good practice for the small-scale production of bottled coconut water**. A training guide, 2007. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/a1418e/a1418e00.htm>. Acesso: 20/02/2009.
- 52)FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Bacteriological Analytical Manual Online**, Chapter 21A: Examination of Canned Foods, January, 2001. Disponível on line: <http://www.foodsafety.gov/~ebam/bam-21a.html>. Acesso: 11/05/2009.
- 53) FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Bacteriological Analytical Manual Online**, Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria, September, 2002. Disponível on line: <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html>. Acesso: 24/02/2009.
- 54) FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce**. 2001. Disponível em: www.cfsan.fda.gov. Acesso em: 16/11/2008.

- 55) FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. Editora Atheneu, 1996.
- 56) GAVA, A J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo. P. 261-263, 1984.
- 57) GEA Filtration. Folhetos GEA Filtration. Folheto **Membrana de Filtração Geral**. Disponível em:
<http://www.geafiltration.com/Portuguese/Biblioteca/Folhetos.htm> . Acesso em: 15/01/2006.
- 58) GLOBO online. **H2OH surpreende mercado e Coca-cola lança concorrente**. Publicado em 18/05/2007. Disponível em:
<http://oglobo.globo.com/economia/mat/2007/05/18/295808295.asp> . Acesso em: 20/07/2007.
- 59) GONZALES, P. M. ; ZEPKA, M. M. **Portal de embalagens**. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Acesso: 25/11/2008. Disponível on line: <http://www.furg.br/portaldeembalagens/>.
- 60) HAMINIUK, C. W. I.; OLIVEIRA, C. R. G.; BAGGIO, E. C. R.; MASSON, M. L. Efeito de pré tratamentos no escurecimento das cultivares de maçã Fuji e gala após o congelamento . **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 29, n. 5, p. 1029-1033, set./out., 2005.
- 61) HATCHER, W. S., Jr., PARISH, M. E., WEIHE, J. L., SPLITTSTOESSER, D. F., and WOODWARD, B. B. 2001. **Fruit Beverages**, p. 565. In F. P. Downes and K. Ito (eds.), **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. American Public Health Association, Washington, DC.
- 62) HUNT, M.E. & RICE, E.W. **Microbiological examination**. In: EATON et al. (eds), Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st ed. Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA & Water Environment Federation (WEF), 2005. Part 9223, p.9.72-9.73.

- 63) HUNTERLAB. **Hunter lab color scale. Insight on color.** August 1-15, 1996, Vol. 8, N: 9. Disponível em:
<http://www.agro.cmu.ac.th/departament/fe/elearning/315Col11.PDF>. Acesso: 12/04/2006.
- 64) INDÚSTRIA de bebidas. **Setor marcado pela estabilidade.** Disponível em: <http://www.industriadebebidas.com.br/refrigerante.php>. Acesso: 13/03/2009.
- 65) JENKINS, W. A.; HARRINGTON, J. P. **Packaging foods with plastics.** Lancaster, Pa : Basel: Technomic,. p.173-176,1991.
- 66) LANDGRAF, M. **Deterioração microbiana de alimentos** In: FRANCO, B. D. G. M. Microbiologia dos alimentos. Editora Atheneu. São Paulo, 1996, p. 102.
- 67) LEBER, A. S. M. L. **Avaliação da estabilidade de água de coco (*Cocos nucifera*) em garrafas de polietileno tereftalato (PET) entocadas congelada e refrigerada.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Campinas, 2001. 151p. FEA – Universidade Estadual de Campinas.
- 68) LÓPEZ, R. Energia potencial. **Engarrafador moderno**, p. 12-16, set./2002. Disponível em: <http://www.engarrafadormoderno.com.br>. Acesso: 01/02/2006.
- 69) LUISI, L. L. Pet chega às bebidas carbonatadas . **Revista plástico Moderno**, n.153, 26-31, 1985.p.2-7.
- 70) MA, Y.; BARBANO, D. M.; HOTCHKISS, J.H.; MURPHY, S.; LYNCHJ. M. Impact of CO₂ Addition to Milk on Selected Analytical Testing Methods. **Journal of Dairy Science**, Vol. 84; N° 9, pag. 1959 – 1968; 2001.
- 71) MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N. 1989. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, Connecticut, 4 (Aug): 129-148.

- 72) MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L. K. O.; CHAAR, J. M.
Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(2): 313-316, abr.-jun. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n2/17.pdf> Acesso: 24/02/2009.
- 73) MAGALHÃES, M. P.; GOMES, F. S., MODESTA, R. C. D.; MATTA, V. M., CABRAL, L. M. C., Conservação de água de coco verde por filtração com membrana. **Ciência Tecnologia de Alimentos**.Campinas, 25(1): p. 72-77, jan.-mar., 2005.
- 74) MATSUI, K. N., GRANADO, L. M., OLIVEIRA, P. V., TADINI, C. C. **Peroxidase and polyphenol oxidase thermal inactivation by microwaves in green coconut water simulated solutions**. Swiss Society of Food Science and Technology. Published by Elsevier Ltd. 2006.
- 75) MCDANIEL, M. R; YAU, N.J.N.. The effect of temperature on carbonation perception. **Chemical Senses** v. 16, n. 4, 1991, p. 337 – 348.
- 76)MCDANIEL, M. R., YAU, N.J.N. Carbonated water lexicon: Temperature and CO₂ level influence on descriptive ratings. **Journal of Food Science**, v. 58, n. 4, 1993 p. 893-898.
- 77) MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.; CARR, B. T.. **Sensory evaluation techniques**. 3rd ed. Boca Raton: CRC, c1999. 387p.
- 78) MITCHELL, A. J. **Carbonation and filling**. In: Formulation and Production of Carbonated Soft Drinks. London: Blackie and Son Ltd, 1990, chap. 11, p. 203 – 230.
- 79) NAOZUKA, J.; MURASAKI, N. C. ; TADINI, C. C.; OLIVEIRA, P.V.. **Estudo da influência de processos de conservação na distribuição de espécies elementares em água de coco, 2004**. Disponível em: <http://pq1.poli.usp.br/lea/docs/cbcta2004j.pdf> Acesso em: 18/07/2007.
- 80) NASCIMENTO, M. S.; SILVA, N.; SILVA, K. C. Avaliação comparativa de diferentes desinfetantes na sanitização de uva. **Brazilian Journal of Food technology** v.6, n. 1, p. 63-68, jan/jul2003.

- 81) NETA, L. S. F.; HABERT, A. C. H.; BORGES, C. P. Cerveja microfiltrada: processo e qualificação. **Brazilian journal of food technology**, mar., 2005. p. 130-137.
- 82) NOEL, F. L.; **Verão movido a água de coco**. Portal SESC SP, 2008.
Disponível em:
http://www.santoandre.sp.gov.br/biblioteca/bv/hemdig_txt/080324007.pdf.
Acesso: 12/03/2009.
- 83) NOGUEIRA, A. L. C.; SOUZA, G. C. ; ALVES, O. M. B.; DOMINGOS, M. S. C., MARQUES, L. F. ; COSTA, T. L.; PAIXÃO, F. J. R. . Avaliação sensorial de água de coco (*Cocos nucifera* L.) in natura e processada. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n. 2., 2004. Pagina Irregular.
- 84) OLIVA, P. B. **Estudo do armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola**. Tese de mestrado em engenharia de alimentos, FEA-UNICAMP, Campinas, 1995.
- 85) PARRA, C. D. Refrigerantes diferenciados fazem sucesso no mercado. **Engarrafador moderno**. Ano: XIV, n. 108, p. 24-27, 2003.
- 86) PARRA, C. D.; PARDI, G. Água de coco: praticidade e saúde com alta tecnologia. **Engarrafador moderno**. Ano: XVII, n. 142, 2006.
- 87) PEDRÃO, M. R.; BALEIA, A.; MODESTA, R. C. D.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H. Estabilidade físico-química e sensorial do suco de limão Tahiti natural e adoçado, congelado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas (SP), v. 19, n. 2, mai./aug., 1999.
- 88) PENHA, E. M.; CABRAL, L. M. C., MATTA, V. M.. **Água de coco in FILHO**, W. G. V. Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APCC, legislação e mercado, 550p, 2005.
- 89) PENHA, E. M.; CABRAL, L.M.C.; MATTA, V. M. **Água de coco verde: um produto industrializável**. Disponível em:
<http://www.floraefauna.com/artigos/aguadecocoverde.htm> . Acesso em:
08/04/2006.

- 90) **PREFERÊNCIA** por hábitos saudáveis gera excelentes oportunidades para o mercado. **Engarrafador Moderno**. São Bernado do Campo, Edição 120, p.8-14, mai.,2004. Disponível em: <http://www.engarrafadormoderno.com.br/arquivo/120dr.pdf>. Acesso em: 02/03/2006.
- 91) **QUERO coco**. Associação Brasileira de indústrias de embalagens plásticas flexíveis - ABIEF. Ano II, nº 4, fev./mar. 2002. Disponível em : http://www.abief.com.br/flex/flex_0004.asp. Acesso em: 29/03/2006
- 92) **REVISTA Embanews** – Editora: Novaeditora Ltda – Ano XVII – Edição 198 – Dezembro 2006, pág. 48 – 50)
- 93) RIBEIRO, J. M. **Comparação entre as técnicas de esterilização de meios de cultura de tecidos vegetais com hipoclorito de sódio e por autoclavagem**. Tese de Doutorado. Centro de ciências e tecnologias agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, 58pg, 2006.
- 94) ROBERTS, R. F.; TORREY, G. S. Inhibition of Psychrotrophic Bacterial Growth in Refrigerated Milk by Addition of Carbon Dioxide. **Journal of Dairy Science**, Vol. 71, No. 1, 52-69, 1988.
- 95) ROCHA, C. D. **Determinação dos pontos críticos de contaminação por leveduras em indústrias de refrigerantes**. Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 40 fls.
- 96) ROSA JÚNIOR, C. D. R. M. **Perfil de negócio: coqueiro**. SEBRAE/PE. Pernambuco. 36p. , 2000. Disponível em: http://www.pe.sebrae.com.br:8080/notitia/download/PN_coqueiro.pdf Acesso em: 08/04/2006.
- 97) ROSA, M. F.; ABREU, F.A. P. **Processos convencionais de conservação de água de coco**. In: ARAGÃO, W.M. Coco: pós-colheita. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2002:, p. 42-53.
- 98) SALATA, C. C. **Produção de refrigerantes a partir de suco desidratado de suco integral congelado e suco desidratado de maracujá (passiflora edulis f. flavicarpa)**: Avaliação físico-químico, sensorial e

econômica. Tese de Mestrado, UNESP de Botucatu – SP, . p. 15-20 e p.46, 2003.

- 99) SANTOS, A. M.; MOURA, A. C. **Perfil de resistência microbiana aos princípios sanitizantes utilizados em frigoríficos da cidade de cascavel, Paraná.** Disponível on line:
http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Ciencias_Biologicas_Bacharelado/PERFIL%20DE%20RESISTENCIA%20MICROBIANA%20AOS%20PRINCIPAIS%20SANITIZANTES%20UTILIZADOS%20EM%20FRIGORIFICOS%20DA%20CIDADE%20DE%20CASCAVEL.pdf. Acesso: 16/11/2008.
- 100) SATO, H. H. Professora Doutora do Departamento de Ciência dos Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos/Unicamp. Comunicação pessoal. Campinas, OUT/ 2007 e FEV/MAR 2008.
- 101) SCHMIDT, F. L.; CASTRO, M. F. P. M.; GUMERATO, H. F. ; LEITÃO, M. F. F. Boas práticas de fabricação e aplicação da análise de perigos e pontos críticos de controle no processamento de água de coco. **Revista Higiene Alimentar**, v. 18, n. 121, jun. 2004, p. 65-76.
- 102) SEBRAE. Serviço de apoio às Micro e Pequenas Empresas. Espírito Santo, 29/09/2003.
- 103) SHACHMAN, M. **The soft drinks companion: a technical handbook for the beverage industry.** Boca Raton: CRC, 2005. Chapter:12.
- 104) SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** Editora Varela; São Paulo, 2007.
- 105) SOUSA, C.R. **Avaliação de processo de produção de água de coco (Cocus nucifera) por ultrafiltração e envase asséptico em garrafas de vidro.** Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP, Campinas, 138p., 2006
- 106) SREBERNICH, S. M. Caracterização física e química da água de fruto de coco (*Cocos nucifera*), variedades gigante e híbrido PB-121,

visando o desenvolvimento. Tese de Doutorado, FEA-UNICAMP, 189f., 1998.

- 107) STATISTICA (data **analysis software system**), version 7. www.statsoft.com. StatSoft, Inc. (2004).
- 108) TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina C em suco de fruta. **Revista Alimentos e nutrição**, v. 17, n.2, p.219-227, abr./jun.2006.
- 109) TOCCHINI, R.P.; NISIDA, A.L.A.C.; MARTIN, Z. J. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas: Manual**. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 1995, 95p
- 110) TOLEDO, R.T. Post processing changes in aseptically packed beverages. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 34, n. 3, p. 405-408, 1986.
- 111) UMBELINO, D. C. Caracterização sensorial por análise descritiva quantitativa e análise tempo-intensidade de suco e de polpa de manga (*Mangifera indica* L.) adoçados com diferentes edulcorantes. Tese de Doutorado, 2005, FEA – UNICAMP.
- 112) VICKERS, Z. Sensory specific satiety in lemonade using a Just scale for sweetness. **Journal of Sensory Studies** 3 (1988) 1-8.

ANEXO I

Nome: _____ Data: ____/____/____

—

Idade: _____

- 1- Você está recebendo uma amostra de água de coco com gás. Por favor, prove a amostra e utilizando as escalas abaixo, avalie o quão ideal esta a amostra com relação a sua **quantidade de gás carbônico**.

Quantidade de gás carbônico

- +4 extremamente maior que o ideal
- +3 muito maior que o ideal
- +2 moderadamente maior que o ideal
- +1 ligeiramente maior que o ideal
- 0 ideal
- 1 ligeiramente menor que o ideal
- 2 moderadamente menor que o ideal
- 3 muito menor que o ideal
- 4 extremamente menor que o ideal

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

- 2- Agora avalie a amostra, utilizando a escala abaixo, o quão próxima do ideal ela se encontra em relação ao seu **gosto doce**.

Gosto Doce

- +4 extremamente mais doce que o ideal
- +3 muito mais doce que o ideal
- +2 moderadamente mais doce que o ideal
- +1 ligeiramente mais doce que o ideal
- 0 ideal
- 1 ligeiramente menos doce que o ideal
- 2 moderadamente menos doce que o ideal
- 3 muito menos doce que o ideal
- 4 extremamente menos doce que o ideal

Amostra	Valor
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

3- Por favor, prove a amostra novamente e utilizando a escala abaixo, avalie-a o quanto você **gostou** ou **desgostou** da mesma. (Você poderá marcar em qualquer parte da escala).

9 – Gostei extremamente

8 – Gostei muito

7 – Gostei moderadamente

6 – Gostei ligeiramente

5 – Nem gostei / Nem desgostei

4 – Desgostei ligeiramente

3 – Desgostei moderadamente

2 – Desgostei muito

1 – Desgostei extremamente

Comentários: _____

_____ -

Nome: _____

1- Você gosta de água de coco?

Sim ☐

Não ☐

2- Você gosta de água gaseificada(água com gás)?

Sim ☐

Não ☐

3- Você gosta de água tônica?

Sim ☐

Não ☐

3- Você gosta de refrigerante?

Sim ☐

Não ☐

As tabelas de I a IV - Fornecem a carbonatação em volumes.

Tabela I- Volume do gás carbônico dissolvido por volume de água (3,98 °C).

PSIG → 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	PSIG	
TEMP °F																															TEMP °F	
105	48	51	55	58	62	65	69	72	75	79	82	86	89	93	96	100	103	107	110	113	117	120	124	127	131	134	137	141	144	148	151	105
104	48	52	55	59	62	66	69	73	76	80	83	87	90	94	97	101	104	108	111	115	118	122	125	129	132	136	139	143	146	150	153	104
103	49	53	56	60	63	67	70	74	77	81	85	88	92	95	99	102	106	109	113	116	120	123	127	130	134	137	141	144	148	151	155	103
102	50	53	57	60	64	68	71	75	78	82	86	89	93	96	100	104	107	111	114	118	121	125	128	132	136	139	143	146	150	153	157	102
101	50	54	58	61	65	69	72	76	80	83	87	90	94	98	101	105	109	112	116	119	123	127	130	134	137	141	144	148	152	155	159	101
100	51	55	58	62	66	70	73	77	81	84	88	92	95	99	103	106	110	114	117	121	125	128	132	135	139	143	146	150	154	157	161	100
99	52	56	59	63	67	71	74	78	82	85	89	93	97	100	104	108	111	115	119	122	126	130	134	137	141	145	148	152	156	159	163	99
98	53	56	60	64	68	72	75	79	83	87	90	94	98	102	106	109	113	117	120	124	128	132	135	139	143	146	150	154	158	161	165	98
97	53	57	61	65	69	73	76	80	84	88	92	95	99	103	107	111	114	118	122	126	130	133	137	141	145	148	152	156	160	163	167	97
96	54	58	62	66	70	74	77	81	85	89	93	97	101	104	108	112	116	120	124	127	131	135	139	143	147	150	154	158	162	166	169	96
95	55	59	63	67	71	75	79	82	86	90	94	98	102	106	110	114	118	121	125	129	133	137	141	145	149	152	156	160	164	168	172	95
94	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	95	99	103	107	111	115	119	123	127	131	135	139	143	147	151	154	158	162	166	170	174	94
93	57	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101	105	109	113	117	121	125	129	133	137	141	145	149	153	157	161	164	168	172	176	93
92	57	62	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106	110	114	118	123	127	131	135	139	143	147	151	155	159	163	167	171	175	179	92
91	58	62	67	71	75	79	83	87	91	95	100	104	108	112	116	120	124	128	132	137	141	145	149	153	157	161	165	169	173	177	181	91
90	59	63	68	72	76	80	84	89	93	97	101	105	109	114	118	122	126	130	134	138	143	147	151	155	159	163	167	171	176	180	184	90
89	60	64	69	73	77	81	86	90	94	98	103	107	111	115	119	124	128	132	136	140	145	149	153	157	161	166	170	174	178	182	186	89
88	61	65	70	74	78	83	87	91	95	100	104	108	113	117	121	125	130	134	138	142	147	151	155	159	164	168	172	176	181	185	189	88
87	62	66	71	75	79	84	88	93	97	101	106	110	114	119	123	127	132	136	140	145	149	153	157	162	166	170	175	179	183	187	192	87
86	63	67	72	76	81	85	90	94	98	103	107	112	116	120	125	129	134	138	142	147	151	155	160	164	168	173	177	182	186	190	195	86
85	64	68	73	77	82	86	91	95	100	104	109	113	118	122	127	131	136	140	144	149	153	158	162	167	171	175	180	184	189	193	197	85
84	65	70	74	79	83	88	92	97	101	106	110	115	120	124	129	133	138	142	147	151	156	160	165	169	174	178	182	187	191	196	200	84
83	66	71	75	80	84	89	94	98	103	108	112	117	121	126	131	135	140	144	149	153	158	162	167	172	176	181	185	190	194	199	203	83
82	67	72	76	81	86	91	95	100	105	109	114	119	123	128	133	137	142	146	151	156	160	165	170	174	179	183	188	193	197	202	206	82
81	68	73	78	82	87	92	97	101	106	111	116	120	125	130	135	139	144	149	153	158	163	167	172	177	182	186	191	196	200	205	210	81
80	69	74	79	84	89	93	98	103	108	113	117	122	127	132	137	141	146	151	156	161	165	170	175	180	184	189	194	199	203	208	213	80
79	70	75	80	85	90	95	100	105	110	114	119	124	129	134	139	144	149	153	158	163	168	173	178	182	187	192	197	202	206	211	216	79
78	72	77	82	87	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	180	185	190	195	200	205	210	215	219	78
77	73	78	83	88	93	98	103	108	113	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178	183	188	193	198	203	208	213	218	223	77
76	74	79	84	89	94	99	104	109	114	119	124	129	134	139	144	149	154	159	164	169	174	179	184	189	194	199	204	209	214	219	224	76
75	75	80	85	91	96	101	107	112	117	122	127	132	138	143	148	153	158	163	169	174	179	184	189	194	199	205	210	215	220	225	230	75
74	76	82	87	92	98	103	108	114	119	124	129	135	140	145	150	156	161	166	171	177	182	187	192	197	203	208	213	218	223	229	234	74
73	78	83	89	94	99	105	110	116	121	126	132	137	142	148	153	158	164	169	174	180	185	190	195	201	206	211	217	222	227	232	238	73
72	79	85	90	96	101	107	112	117	123	128	134	139	145	150	156	161	166	172	177	183	188	193	199	204	209	215	220	226	231	236	242	72
71	81	86	92	97	103	108	114	119	125	131	136	142	147	153	158	164	169	175	180	186	191	197	202	208	213	218	224	229	235	240	246	71
70	82	88	93	99	105	110	116	122	127	133	138	144	150	155	161	166	172	178	183	189	194	200	205	211	217	222	228	233	239	244	250	70
69	83	89	95	101	106	112	118	124	129	135	141	147	152	158	164	169	175	181	186	192	198	203	209	215	220	226	232	237	243	248	254	69
68	85	91	97	102	108	114	120	126	132	137	143	149	155	161	166	172	178	184	190	195	201	207	213	218	224	230	236	241	247	253	258	68
67	86	92	98	104	110	116	122	128	134	140	146	152	158	164	169	175	181	187	193	199	205	210	216	222	228	234	240	245	251	257	263	67
66	88	94	100	106	112	118	124	130	136	142	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	208	214	220	226	232	238	244	250	256	262	267	66
65	90	96	102	108	114	120	127	133	139	145	151	157	163	169	175	182	188	194	200	206	212	218	224	230	236	242	248	254	260	266	272	65
64	91	98	104	110	116	123	129	135	141	148	154	160	166	172	179	185	191	197	203	210	216	222	228	234	240	246	253	259	265	271	277	64
63	93	99	106	112	119	125	131	138	144	150	157	163	169	176	182	188	194	201	207	213	220	226	232	238	245	251	257	263	270	276	282	63
62	95	101	108	114	121	127	134	140	147	153	160	166	172	179	185	192	198	204	211	217	224	230	236	243	249	255	262	268	274	281	287	62
61	96	103	110	116	123	130	136	143	149	156	162	169	176	182	189	195	202	208	215	221	228	234	241	247	254	260	267	273	279	286	292	61
60	98	105	112	119	125	132	139	145	152	159	166	172	179	186	192	199	205	212	219	225	232	239	245	252								

Tabela II- Volume do gás carbônico dissolvido por volume de água (3,98 °C) -
continuação.

PSIG→	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	PSIG
TEMP °F																															TEMP °F
105	1.55	1.58	1.61	1.65	1.68	1.72	1.75	1.78	1.82	1.85	1.89	1.92	1.95	1.99	2.02	2.05	2.09	2.12	2.16	2.19	2.22	2.26	2.29	2.32	2.36	2.39	2.42	2.46	2.49	2.52	105
104	1.56	1.60	1.63	1.67	1.70	1.74	1.77	1.81	1.84	1.87	1.91	1.94	1.98	2.01	2.04	2.08	2.11	2.15	2.18	2.22	2.25	2.28	2.32	2.35	2.38	2.42	2.45	2.49	2.52	2.55	104
103	1.58	1.62	1.65	1.69	1.72	1.76	1.79	1.83	1.86	1.90	1.93	1.97	2.00	2.04	2.07	2.10	2.14	2.17	2.21	2.24	2.28	2.31	2.35	2.38	2.41	2.45	2.48	2.52	2.55	2.58	103
102	1.60	1.64	1.67	1.71	1.74	1.78	1.81	1.85	1.89	1.92	1.96	1.99	2.03	2.06	2.10	2.13	2.16	2.20	2.23	2.27	2.30	2.34	2.37	2.41	2.44	2.48	2.51	2.55	2.58	2.62	102
101	1.62	1.66	1.70	1.73	1.77	1.80	1.84	1.87	1.91	1.94	1.98	2.02	2.05	2.09	2.12	2.16	2.19	2.23	2.26	2.30	2.33	2.37	2.40	2.44	2.47	2.51	2.54	2.58	2.61	2.65	101
100	1.64	1.68	1.72	1.75	1.79	1.82	1.86	1.90	1.93	1.97	2.00	2.04	2.08	2.11	2.15	2.18	2.22	2.25	2.29	2.33	2.36	2.40	2.43	2.47	2.50	2.54	2.58	2.61	2.65	2.68	100
99	1.67	1.70	1.74	1.78	1.81	1.85	1.88	1.92	1.96	1.99	2.03	2.07	2.10	2.14	2.18	2.21	2.25	2.28	2.32	2.36	2.39	2.43	2.46	2.50	2.54	2.57	2.61	2.64	2.68	2.71	99
98	1.69	1.72	1.76	1.80	1.84	1.87	1.91	1.95	1.98	2.02	2.06	2.09	2.13	2.17	2.20	2.24	2.28	2.31	2.35	2.39	2.42	2.46	2.49	2.53	2.57	2.60	2.64	2.68	2.71	2.75	98
97	1.71	1.75	1.78	1.82	1.86	1.90	1.93	1.97	2.01	2.05	2.08	2.12	2.16	2.19	2.23	2.27	2.31	2.34	2.38	2.42	2.45	2.49	2.53	2.56	2.60	2.64	2.67	2.71	2.75	2.78	97
96	1.73	1.77	1.81	1.85	1.88	1.92	1.96	2.00	2.03	2.07	2.11	2.15	2.19	2.22	2.26	2.30	2.34	2.37	2.41	2.45	2.49	2.52	2.56	2.60	2.63	2.67	2.71	2.75	2.78	2.82	96
95	1.76	1.79	1.83	1.87	1.91	1.95	1.99	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2.21	2.25	2.29	2.33	2.37	2.40	2.44	2.48	2.52	2.56	2.59	2.63	2.67	2.71	2.74	2.78	2.82	2.86	95
94	1.78	1.82	1.86	1.90	1.93	1.97	2.01	2.05	2.09	2.13	2.17	2.20	2.24	2.28	2.32	2.36	2.40	2.44	2.47	2.51	2.55	2.59	2.63	2.67	2.70	2.74	2.78	2.82	2.86	2.89	94
93	1.80	1.84	1.88	1.92	1.96	2.00	2.04	2.08	2.12	2.16	2.20	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39	2.43	2.47	2.51	2.55	2.59	2.62	2.66	2.70	2.74	2.78	2.82	2.86	2.89	2.93	93
92	1.83	1.87	1.91	1.95	1.99	2.03	2.07	2.11	2.15	2.19	2.23	2.27	2.30	2.34	2.38	2.42	2.46	2.50	2.54	2.58	2.62	2.66	2.70	2.74	2.78	2.82	2.86	2.89	2.93	2.97	92
91	1.85	1.89	1.93	1.97	2.01	2.05	2.10	2.14	2.18	2.22	2.26	2.30	2.34	2.38	2.42	2.46	2.50	2.54	2.58	2.62	2.66	2.70	2.74	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	91
90	1.88	1.92	1.96	2.00	2.04	2.08	2.12	2.17	2.21	2.25	2.29	2.33	2.37	2.41	2.45	2.49	2.53	2.57	2.61	2.65	2.69	2.73	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05	90
89	1.91	1.95	1.99	2.03	2.07	2.11	2.15	2.20	2.24	2.28	2.32	2.36	2.40	2.44	2.48	2.52	2.57	2.61	2.65	2.69	2.73	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.01	3.06	3.10	89
88	1.93	1.97	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39	2.44	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.69	2.73	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.02	3.06	3.10	3.14	88
87	1.96	2.00	2.05	2.09	2.13	2.17	2.22	2.26	2.30	2.34	2.39	2.43	2.47	2.51	2.55	2.60	2.64	2.68	2.72	2.77	2.81	2.85	2.89	2.93	2.97	3.02	3.06	3.10	3.14	3.18	87
86	1.99	2.03	2.08	2.12	2.16	2.20	2.25	2.29	2.33	2.38	2.42	2.46	2.51	2.55	2.59	2.63	2.68	2.72	2.76	2.80	2.85	2.89	2.93	2.97	3.02	3.06	3.10	3.14	3.19	3.23	86
85	2.02	2.06	2.11	2.15	2.19	2.24	2.28	2.32	2.37	2.41	2.45	2.50	2.54	2.58	2.63	2.67	2.72	2.76	2.80	2.85	2.89	2.93	2.97	3.02	3.06	3.10	3.15	3.19	3.23	3.28	85
84	2.05	2.09	2.14	2.18	2.23	2.27	2.31	2.36	2.40	2.45	2.49	2.54	2.58	2.62	2.67	2.71	2.76	2.80	2.84	2.89	2.93	2.97	3.02	3.06	3.11	3.15	3.19	3.24	3.28	3.32	84
83	2.08	2.12	2.17	2.21	2.26	2.30	2.35	2.39	2.44	2.48	2.53	2.57	2.62	2.66	2.71	2.75	2.80	2.84	2.88	2.93	2.97	3.02	3.06	3.11	3.15	3.19	3.24	3.28	3.33	3.37	83
82	2.11	2.16	2.20	2.25	2.29	2.34	2.38	2.43	2.47	2.52	2.57	2.61	2.66	2.70	2.75	2.79	2.84	2.88	2.93	2.97	3.02	3.06	3.11	3.15	3.20	3.24	3.29	3.33	3.38	3.42	82
81	2.14	2.19	2.23	2.28	2.33	2.37	2.42	2.47	2.51	2.56	2.60	2.65	2.70	2.74	2.79	2.83	2.88	2.93	2.97	3.02	3.06	3.11	3.15	3.20	3.25	3.29	3.34	3.38	3.43	3.47	81
80	2.17	2.22	2.27	2.32	2.36	2.41	2.46	2.50	2.55	2.60	2.64	2.69	2.74	2.78	2.83	2.88	2.92	2.97	3.02	3.06	3.11	3.16	3.20	3.25	3.29	3.34	3.39	3.43	3.48	3.52	80
79	2.21	2.26	2.30	2.35	2.40	2.45	2.49	2.54	2.59	2.64	2.68	2.73	2.78	2.83	2.87	2.92	2.97	3.02	3.06	3.11	3.16	3.20	3.25	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	79
78	2.24	2.29	2.34	2.39	2.44	2.49	2.53	2.58	2.63	2.68	2.73	2.77	2.82	2.87	2.92	2.96	3.01	3.06	3.11	3.16	3.21	3.26	3.30	3.35	3.40	3.45	3.50	3.55	3.59	3.64	78
77	2.28	2.33	2.38	2.43	2.48	2.52	2.57	2.62	2.67	2.72	2.77	2.82	2.87	2.92	2.96	3.01	3.06	3.11	3.16	3.21	3.26	3.30	3.35	3.40	3.45	3.50	3.55	3.59	3.64	3.69	77
76	2.31	2.36	2.41	2.46	2.51	2.56	2.61	2.66	2.71	2.76	2.81	2.86	2.91	2.96	3.01	3.06	3.11	3.16	3.21	3.26	3.31	3.36	3.41	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	76
75	2.35	2.40	2.45	2.50	2.55	2.61	2.66	2.71	2.76	2.81	2.86	2.91	2.96	3.01	3.06	3.11	3.16	3.21	3.26	3.31	3.36	3.41	3.46	3.51	3.56	3.61	3.66	3.71	3.76	3.81	75
74	2.39	2.44	2.49	2.54	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85	2.90	2.96	3.01	3.06	3.11	3.16	3.21	3.26	3.31	3.37	3.42	3.47	3.52	3.57	3.62	3.67	3.72	3.77	3.82	3.87	74
73	2.43	2.48	2.53	2.59	2.64	2.69	2.74	2.79	2.85	2.90	2.95	3.00	3.05	3.11	3.16	3.21	3.26	3.31	3.37	3.42	3.47	3.52	3.57	3.62	3.67	3.73	3.78	3.83	3.88	3.93	73
72	2.47	2.52	2.58	2.63	2.68	2.73	2.79	2.84	2.89	2.95	3.00	3.05	3.11	3.16	3.21	3.26	3.32	3.37	3.42	3.47	3.53	3.58	3.63	3.68	3.73	3.79	3.84	3.89	3.94	3.99	72
71	2.51	2.56	2.62	2.67	2.73	2.78	2.83	2.89	2.94	3.00	3.05	3.10	3.16	3.21	3.26	3.32	3.37	3.42	3.48	3.53	3.58	3.64	3.69	3.74	3.80	3.85	3.90	3.95	4.01	4.06	71
70	2.55	2.61	2.66	2.72	2.77	2.83	2.88	2.94	2.99	3.05	3.10	3.15	3.21	3.26	3.32	3.37	3.43	3.48	3.54	3.59	3.65	3.70	3.76	3.81	3.86	3.91	3.97	4.02	4.07	4.13	70
69	2.60	2.65	2.71	2.76	2.82	2.87	2.93	2.99	3.04	3.10	3.15	3.21	3.26	3.32	3.37	3.43	3.48	3.54	3.59	3.65	3.70	3.76	3.81	3.87	3.92	3.98	4.03	4.09	4.14	4.20	69
68	2.64	2.70	2.75	2.81	2.87	2.92	2.98	3.04	3.09	3.15																					

Tabela III- Volume do gás carbônico dissolvido por volume de água (3,98 °C) -
continuação.

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	PSIG
TEMP °F																															TEMP °F
105	2.56	2.59	2.62	2.66	2.69	2.72	2.76	2.79	2.82	2.86	2.89	2.92	2.96	2.99	3.02	3.06	3.09	3.12	3.15	3.19	3.22	3.25	3.29	3.32	3.35	3.38	3.42	3.45	3.48	3.52	105
104	2.59	2.62	2.66	2.69	2.72	2.76	2.79	2.82	2.86	2.89	2.92	2.96	2.99	3.03	3.06	3.09	3.12	3.16	3.19	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.39	3.42	3.46	3.49	3.52	3.56	104
103	2.62	2.65	2.69	2.72	2.76	2.79	2.82	2.86	2.89	2.93	2.96	2.99	3.03	3.06	3.09	3.13	3.16	3.20	3.23	3.26	3.30	3.33	3.36	3.40	3.43	3.46	3.50	3.53	3.57	3.60	103
102	2.65	2.69	2.72	2.75	2.79	2.82	2.86	2.89	2.93	2.96	2.99	3.03	3.06	3.10	3.13	3.17	3.20	3.23	3.27	3.30	3.34	3.37	3.40	3.44	3.47	3.51	3.54	3.57	3.61	3.64	102
101	2.68	2.72	2.75	2.79	2.82	2.86	2.89	2.93	2.96	3.00	3.03	3.07	3.10	3.14	3.17	3.20	3.24	3.27	3.31	3.34	3.38	3.41	3.45	3.48	3.51	3.55	3.58	3.62	3.65	3.69	101
100	2.72	2.75	2.79	2.82	2.86	2.89	2.93	2.96	3.00	3.03	3.07	3.10	3.14	3.17	3.21	3.24	3.28	3.31	3.35	3.38	3.42	3.45	3.49	3.52	3.56	3.59	3.63	3.66	3.70	3.73	100
99	2.75	2.79	2.82	2.86	2.89	2.93	2.96	3.00	3.04	3.07	3.11	3.14	3.18	3.21	3.25	3.28	3.32	3.35	3.39	3.43	3.46	3.50	3.53	3.57	3.60	3.64	3.67	3.71	3.74	3.78	99
98	2.79	2.82	2.86	2.89	2.93	2.97	3.00	3.04	3.08	3.11	3.15	3.19	3.22	3.26	3.29	3.33	3.37	3.40	3.44	3.48	3.51	3.55	3.58	3.62	3.66	3.69	3.73	3.76	3.80	3.84	98
97	2.82	2.86	2.89	2.93	2.97	3.01	3.04	3.08	3.12	3.15	3.19	3.23	3.26	3.30	3.34	3.37	3.41	3.45	3.48	3.52	3.56	3.59	3.63	3.67	3.70	3.74	3.78	3.81	3.85	3.88	97
96	2.86	2.89	2.93	2.97	3.01	3.04	3.08	3.12	3.16	3.19	3.23	3.27	3.31	3.34	3.38	3.42	3.45	3.49	3.53	3.57	3.60	3.64	3.68	3.71	3.75	3.79	3.82	3.86	3.90	3.93	96
95	2.89	2.93	2.97	3.01	3.04	3.08	3.12	3.16	3.19	3.23	3.27	3.31	3.34	3.38	3.42	3.45	3.49	3.53	3.57	3.60	3.64	3.68	3.71	3.75	3.79	3.82	3.86	3.90	3.93	3.97	95
94	2.93	2.97	3.01	3.05	3.08	3.12	3.16	3.20	3.24	3.28	3.32	3.36	3.39	3.43	3.47	3.51	3.55	3.58	3.62	3.66	3.70	3.74	3.77	3.81	3.85	3.89	3.92	3.96	4.00	4.04	94
93	2.97	3.01	3.05	3.09	3.13	3.17	3.21	3.24	3.28	3.32	3.36	3.40	3.44	3.48	3.52	3.55	3.59	3.63	3.67	3.71	3.75	3.79	3.82	3.86	3.90	3.94	3.98	4.01	4.05	4.09	93
92	3.01	3.06	3.09	3.13	3.17	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41	3.45	3.48	3.52	3.56	3.60	3.64	3.68	3.72	3.76	3.80	3.84	3.87	3.91	3.95	3.99	4.03	4.07	4.11	4.15	92
91	3.05	3.09	3.13	3.17	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41	3.45	3.48	3.52	3.56	3.60	3.64	3.68	3.72	3.76	3.80	3.84	3.87	3.91	3.95	3.99	4.03	4.07	4.11	4.15	4.18	91
90	3.09	3.13	3.17	3.21	3.25	3.29	3.33	3.37	3.41	3.45	3.49	3.53	3.57	3.61	3.65	3.69	3.73	3.77	3.81	3.85	3.89	3.93	3.97	4.01	4.04	4.08	4.12	4.16	4.20	4.24	90
89	3.14	3.18	3.22	3.26	3.30	3.34	3.38	3.42	3.46	3.50	3.54	3.58	3.62	3.66	3.70	3.74	3.78	3.82	3.86	3.90	3.94	3.98	4.02	4.06	4.10	4.14	4.18	4.22	4.26	4.30	89
88	3.18	3.22	3.26	3.30	3.34	3.39	3.43	3.47	3.51	3.55	3.59	3.63	3.67	3.71	3.75	3.79	3.83	3.87	3.91	3.95	4.00	4.04	4.08	4.12	4.16	4.20	4.24	4.28	4.32	4.36	88
87	3.23	3.27	3.31	3.35	3.39	3.43	3.47	3.52	3.56	3.60	3.64	3.68	3.72	3.76	3.80	3.85	3.89	3.93	3.97	4.01	4.05	4.09	4.13	4.17	4.21	4.26	4.30	4.34	4.38	4.42	87
86	3.27	3.31	3.36	3.40	3.44	3.48	3.52	3.57	3.61	3.65	3.69	3.73	3.78	3.82	3.86	3.90	3.94	3.98	4.03	4.07	4.11	4.15	4.19	4.23	4.27	4.32	4.36	4.40	4.44	4.48	86
85	3.32	3.36	3.40	3.45	3.49	3.53	3.57	3.62	3.66	3.70	3.74	3.79	3.83	3.87	3.91	3.96	4.00	4.04	4.08	4.12	4.17	4.21	4.25	4.29	4.33	4.38	4.42	4.46	4.50	4.54	85
84	3.37	3.41	3.45	3.50	3.54	3.58	3.63	3.67	3.71	3.76	3.80	3.84	3.88	3.93	3.97	4.01	4.06	4.10	4.14	4.18	4.23	4.27	4.31	4.35	4.40	4.44	4.48	4.52	4.57	4.61	84
83	3.42	3.46	3.50	3.55	3.59	3.63	3.68	3.72	3.77	3.81	3.85	3.90	3.94	3.98	4.03	4.07	4.11	4.16	4.20	4.24	4.29	4.33	4.37	4.42	4.46	4.50	4.55	4.59	4.63	4.68	83
82	3.47	3.51	3.56	3.60	3.64	3.69	3.73	3.78	3.82	3.87	3.91	3.95	4.00	4.04	4.09	4.13	4.17	4.22	4.26	4.31	4.35	4.39	4.44	4.48	4.53	4.57	4.61	4.66	4.70	4.74	82
81	3.52	3.56	3.61	3.65	3.70	3.74	3.79	3.83	3.88	3.92	3.97	4.01	4.06	4.10	4.15	4.19	4.24	4.28	4.33	4.37	4.41	4.46	4.50	4.55	4.59	4.64	4.68	4.73	4.77	4.81	81
80	3.57	3.62	3.66	3.71	3.75	3.80	3.85	3.89	3.94	3.98	4.03	4.07	4.12	4.16	4.21	4.25	4.30	4.35	4.39	4.44	4.48	4.53	4.57	4.62	4.66	4.71	4.75	4.80	4.84	4.89	80
79	3.62	3.67	3.72	3.76	3.81	3.86	3.90	3.95	4.00	4.04	4.09	4.13	4.18	4.23	4.27	4.32	4.37	4.41	4.46	4.50	4.55	4.59	4.64	4.69	4.73	4.78	4.82	4.87	4.91	4.96	79
78	3.68	3.73	3.78	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.06	4.10	4.15	4.20	4.24	4.29	4.34	4.39	4.43	4.48	4.52	4.57	4.62	4.66	4.71	4.76	4.80	4.85	4.90	4.94	4.99	5.03	78
77	3.74	3.79	3.83	3.88	3.93	3.98	4.02	4.07	4.12	4.17	4.22	4.26	4.31	4.36	4.41	4.45	4.50	4.55	4.59	4.64	4.69	4.74	4.78	4.83	4.88	4.92	4.97	5.02	5.06	5.11	77
76	3.80	3.84	3.89	3.94	3.99	4.04	4.09	4.14	4.19	4.23	4.28	4.33	4.38	4.43	4.47	4.52	4.57	4.62	4.67	4.71	4.76	4.81	4.86	4.90	4.95	5.00	5.05	5.10	5.14	5.19	76
75	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.54	4.59	4.64	4.69	4.74	4.79	4.84	4.88	4.93	4.98	5.03	5.08	5.13	5.17	5.22	5.27	75
74	3.92	3.97	4.02	4.07	4.12	4.17	4.22	4.27	4.32	4.37	4.42	4.47	4.52	4.57	4.62	4.67	4.72	4.76	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.06	5.11	5.16	5.21	5.26	5.31	5.35	74
73	3.98	4.03	4.08	4.13	4.18	4.24	4.29	4.34	4.39	4.44	4.49	4.54	4.59	4.64	4.69	4.74	4.79	4.84	4.89	4.94	4.99	5.04	5.09	5.14	5.19	5.24	5.29	5.34	5.39	5.44	73
72	4.05	4.10	4.15	4.20	4.25	4.30	4.36	4.41	4.46	4.51	4.56	4.61	4.66	4.71	4.77	4.82	4.87	4.92	4.97	5.02	5.07	5.12	5.17	5.22	5.27	5.33	5.38	5.43	5.48	5.53	72
71	4.11	4.16	4.22	4.27	4.32	4.37	4.43	4.48	4.53	4.58	4.64	4.69	4.74	4.79	4.84	4.90	4.95	5.00	5.05	5.10	5.15	5.21	5.26	5.31	5.36	5.41	5.46	5.51	5.57	5.62	71
70	4.18	4.23	4.29	4.34	4.39	4.45	4.50	4.55	4.61	4.66	4.71	4.77	4.82	4.87	4.92	4.98	5.03	5.08	5.13	5.19	5.24	5.29	5.34	5.40	5.45	5.50	5.55	5.60	5.66	5.71	70
69	4.25	4.30	4.36	4.41	4.47	4.52	4.57	4.63	4.68	4.74	4.79	4.84	4.90	4.95	5.01	5.06	5.11	5.17	5.22	5.27	5.33	5.									

Tabela IV- Volume do gás carbônico dissolvido por volume de água (3,98 °C) -
continuação.

PSIG→	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	PSIG
TEMP °F																														TEMP °F
105	3.55	3.58	3.61	3.65	3.68	3.71	3.74	3.78	3.81	3.84	3.87	3.91	3.94	3.97	4.00	4.04	4.07	4.10	4.13	4.16	4.20	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45	105
104	3.59	3.62	3.66	3.69	3.72	3.75	3.79	3.82	3.85	3.89	3.92	3.95	3.98	4.02	4.05	4.08	4.12	4.15	4.18	4.21	4.25	4.28	4.31	4.34	4.38	4.41	4.44	4.47	4.51	104
103	3.63	3.67	3.70	3.73	3.77	3.80	3.83	3.87	3.90	3.93	3.97	4.00	4.03	4.06	4.10	4.13	4.16	4.20	4.23	4.26	4.30	4.33	4.36	4.39	4.43	4.46	4.49	4.53	4.56	103
102	3.68	3.71	3.74	3.78	3.81	3.84	3.88	3.91	3.95	3.98	4.01	4.05	4.08	4.11	4.15	4.18	4.21	4.25	4.28	4.31	4.35	4.38	4.41	4.45	4.48	4.51	4.55	4.58	4.61	102
101	3.72	3.75	3.79	3.82	3.86	3.89	3.92	3.96	3.99	4.03	4.06	4.09	4.13	4.16	4.20	4.23	4.26	4.30	4.33	4.36	4.40	4.43	4.47	4.50	4.53	4.57	4.60	4.63	4.67	101
100	3.77	3.80	3.83	3.87	3.90	3.94	3.97	4.01	4.04	4.08	4.11	4.14	4.18	4.21	4.25	4.28	4.32	4.35	4.38	4.42	4.45	4.49	4.52	4.55	4.59	4.62	4.66	4.69	4.72	100
99	3.81	3.85	3.88	3.92	3.95	3.99	4.02	4.06	4.09	4.13	4.16	4.19	4.23	4.26	4.30	4.33	4.37	4.40	4.44	4.47	4.51	4.54	4.57	4.61	4.64	4.68	4.71	4.75	4.78	99
98	3.86	3.89	3.93	3.97	4.00	4.04	4.07	4.11	4.14	4.18	4.21	4.25	4.28	4.32	4.35	4.39	4.42	4.46	4.49	4.53	4.56	4.60	4.63	4.67	4.70	4.74	4.77	4.80	4.84	98
97	3.91	3.94	3.98	4.01	4.05	4.09	4.12	4.16	4.19	4.23	4.26	4.30	4.34	4.37	4.41	4.44	4.48	4.51	4.55	4.58	4.62	4.65	4.69	4.72	4.76	4.79	4.83	4.86	4.90	97
96	3.96	3.99	4.03	4.07	4.10	4.14	4.17	4.21	4.25	4.28	4.32	4.35	4.39	4.43	4.46	4.50	4.53	4.57	4.60	4.64	4.68	4.71	4.75	4.78	4.82	4.85	4.89	4.93	4.96	96
95	4.01	4.04	4.08	4.12	4.15	4.19	4.23	4.26	4.30	4.34	4.37	4.41	4.45	4.48	4.52	4.55	4.59	4.63	4.66	4.70	4.74	4.77	4.81	4.84	4.88	4.92	4.95	4.99	5.02	95
94	4.06	4.10	4.13	4.17	4.21	4.25	4.28	4.32	4.36	4.39	4.43	4.47	4.50	4.54	4.58	4.61	4.65	4.69	4.72	4.76	4.80	4.83	4.87	4.91	4.94	4.98	5.02	5.05	5.09	94
93	4.11	4.15	4.19	4.23	4.26	4.30	4.34	4.38	4.41	4.45	4.49	4.52	4.56	4.60	4.64	4.67	4.71	4.75	4.78	4.82	4.86	4.90	4.93	4.97	5.01	5.04	5.08	5.12	5.15	93
92	4.17	4.21	4.24	4.28	4.32	4.36	4.40	4.43	4.47	4.51	4.55	4.58	4.62	4.66	4.70	4.74	4.77	4.81	4.85	4.89	4.92	4.96	5.00	5.04	5.07	5.11	5.15	5.18	5.22	92
91	4.22	4.26	4.30	4.34	4.38	4.42	4.45	4.49	4.53	4.57	4.61	4.65	4.68	4.72	4.76	4.80	4.84	4.87	4.91	4.95	4.99	5.03	5.06	5.10	5.14	5.18	5.22	5.25	5.29	91
90	4.28	4.32	4.36	4.40	4.44	4.47	4.51	4.55	4.59	4.63	4.67	4.71	4.75	4.78	4.82	4.86	4.90	4.94	4.98	5.02	5.05	5.09	5.13	5.17	5.21	5.25	5.28	5.32	5.36	90
89	4.34	4.38	4.42	4.46	4.50	4.54	4.57	4.61	4.65	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01	5.05	5.08	5.12	5.16	5.20	5.24	5.28	5.32	5.36	5.39	5.43	89
88	4.40	4.44	4.48	4.52	4.56	4.60	4.64	4.68	4.72	4.76	4.80	4.84	4.88	4.92	4.96	5.00	5.03	5.07	5.11	5.15	5.19	5.23	5.27	5.31	5.35	5.39	5.43	5.47	5.51	88
87	4.46	4.50	4.54	4.58	4.62	4.66	4.70	4.74	4.78	4.82	4.86	4.90	4.94	4.98	5.02	5.06	5.10	5.14	5.18	5.22	5.26	5.30	5.34	5.38	5.42	5.46	5.50	5.54	5.58	87
86	4.52	4.56	4.60	4.64	4.69	4.73	4.77	4.81	4.85	4.89	4.93	4.97	5.01	5.05	5.09	5.14	5.18	5.22	5.26	5.30	5.34	5.38	5.42	5.46	5.50	5.54	5.58	5.62	5.66	86
85	4.59	4.63	4.67	4.71	4.75	4.79	4.84	4.88	4.92	4.96	5.00	5.04	5.08	5.12	5.17	5.21	5.25	5.29	5.33	5.37	5.41	5.45	5.49	5.54	5.58	5.62	5.66	5.70	5.74	85
84	4.65	4.69	4.74	4.78	4.82	4.86	4.90	4.95	4.99	5.03	5.07	5.11	5.16	5.20	5.24	5.28	5.32	5.36	5.41	5.45	5.49	5.53	5.57	5.61	5.66	5.70	5.74	5.78	5.82	84
83	4.72	4.76	4.80	4.85	4.89	4.93	4.97	5.02	5.06	5.10	5.15	5.19	5.23	5.27	5.32	5.36	5.40	5.44	5.48	5.53	5.57	5.61	5.65	5.69	5.74	5.78	5.82	5.86	5.90	83
82	4.79	4.83	4.87	4.92	4.96	5.00	5.05	5.09	5.13	5.18	5.22	5.26	5.31	5.35	5.39	5.44	5.48	5.52	5.56	5.61	5.65	5.69	5.73	5.78	5.82	5.86	5.90	5.95	5.99	82
81	4.86	4.90	4.95	4.99	5.03	5.08	5.12	5.17	5.21	5.25	5.30	5.34	5.38	5.43	5.47	5.51	5.56	5.60	5.65	5.69	5.73	5.78	5.82	5.86	5.90	5.95	5.99	6.03	6.08	81
80	4.93	4.97	5.02	5.06	5.11	5.15	5.20	5.24	5.29	5.33	5.38	5.42	5.46	5.51	5.55	5.60	5.64	5.68	5.73	5.77	5.82	5.86	5.90	5.95	5.99	6.04	6.08	6.12	6.17	80
79	5.00	5.05	5.09	5.14	5.19	5.23	5.28	5.32	5.37	5.41	5.46	5.50	5.55	5.59	5.64	5.68	5.72	5.77	5.81	5.86	5.90	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.17	6.21	6.26	79
78	5.06	5.13	5.17	5.22	5.26	5.31	5.36	5.40	5.45	5.49	5.54	5.58	5.63	5.67	5.72	5.77	5.81	5.86	5.90	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.17	6.22	6.26	6.31	6.35	78
77	5.16	5.20	5.25	5.30	5.34	5.39	5.44	5.48	5.53	5.58	5.62	5.67	5.72	5.76	5.81	5.85	5.90	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.17	6.22	6.27	6.31	6.36	6.40	6.45	77
76	5.24	5.28	5.33	5.38	5.43	5.47	5.52	5.57	5.62	5.66	5.71	5.76	5.80	5.85	5.90	5.94	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.22	6.27	6.32	6.36	6.41	6.46	6.50	6.55	76
75	5.32	5.37	5.42	5.46	5.51	5.56	5.61	5.65	5.70	5.75	5.80	5.85	5.89	5.94	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23	6.27	6.32	6.37	6.41	6.46	6.51	6.55	6.60	6.65	75
74	5.40	5.45	5.50	5.55	5.60	5.65	5.70	5.74	5.79	5.84	5.89	5.94	5.99	6.03	6.08	6.13	6.18	6.23	6.27	6.32	6.37	6.42	6.47	6.51	6.56	6.61	6.66	6.70	6.75	74
73	5.49	5.54	5.59	5.64	5.69	5.74	5.79	5.84	5.88	5.93	5.98	6.03	6.08	6.13	6.18	6.23	6.28	6.33	6.37	6.42	6.47	6.52	6.57	6.62	6.67	6.71	6.76	6.81	6.86	73
72	5.58	5.63	5.68	5.73	5.78	5.83	5.88	5.93	5.98	6.03	6.08	6.13	6.18	6.23	6.28	6.33	6.38	6.43	6.48	6.53	6.57	6.62	6.67	6.72	6.77	6.82	6.87	6.92	6.97	72
71	5.67	5.72	5.77	5.82	5.87	5.92	5.97	6.02	6.06	6.13	6.18	6.23	6.28	6.33	6.38	6.43	6.48	6.53	6.58	6.63	6.68	6.73	6.78	6.83	6.88	6.93	6.98	7.03	7.08	71
70	5.76	5.81	5.86	5.92	5.97	6.02	6.07	6.12	6.17	6.23	6.28	6.33	6.38	6.43	6.48	6.53	6.58	6.64	6.69	6.74	6.79	6.84	6.89	6.94	6.99	7.04	7.09	7.14	7.19	70
69	5.86	5.91	5.96	6.01	6.07	6.12	6.17	6.22	6.28	6.33	6.38	6.43	6.49	6.54	6.59	6.64	6.69	6.74	6.80	6.85	6.90	6.95	7.00	7.06	7.11	7.16	7.21	7.26	7.31	69
68	5.95	6.01	6.06	6.11	6.17	6.22	6.27	6.33	6.38	6.43	6.49	6.54	6.59	6.65	6.70	6.75	6.80	6.86	6.91	6.96	7.01	7.07	7.12	7.17	7.22	7.28	7.33	7.38	7.43	68
67	6.05	6.11	6.16	6.22	6.27	6.33	6.38	6.43	6.49	6.54	6.60	6.65	6.70	6.76	6.81	6.86	6.92	6.97	7.03	7.08	7.13	7.19	7.24	7.29	7.35	7.40	7.45	7.50	7.56	67
66	6.16	6.21	6.27	6.32	6.38	6.43	6.49	6.54	6.60	6.65	6.71	6.76	6.82	6.87	6.93	6.98	7.04	7.09	7.14	7.20	7.25	7.31	7.36	7.41	7.47	7.52	7.58	7.63	7.68	66
65	6.26	6.32	6.37	6.43	6.49	6.54	6.60	6.65	6.71	6.77	6.82	6.88	6.93	6.99	7.04	7.10	7.16	7.21	7.27	7.32	7.38	7.43	7.49	7.54	7.60	7.65	7.71	7.76	7.81	65
64	6.37	6.43	6.49	6.54	6.60	6.66	6.71	6.77	6.83	6.88	6.94	7.00	7.05	7.11	7.17	7.22	7.28	7.33	7.39	7.45	7.50	7.56	7.61	7.67	7.73	7.78	7.84	7.89	7.95	64
63	6.48	6.54	6.60	6.66	6.71	6.77	6.83	6.89	6.95	7.00	7.06	7.12	7.18	7.23	7.29	7.35	7.40	7.46	7.52	7.58	7.63	7.69	7.75	7.80	7.86	7.92	7.97	8.03	8.09	63