



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



Departamento de Química
Estágio Laboral

Tema:

Estudo da possibilidade de melhoramento do rendimento do Dióxido de Carbono (CO_2) na fábrica da Coca-Cola SABCO (Moçambique)
Sarl Nampula



Autor: Jaime Afonso Macome

Maputo, Agosto de 2014



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



Faculdade de Ciências
Departamento de Química
Estágio Laboral

Tema:

Estudo da possibilidade de melhoramento do rendimento do Dióxido de Carbono (CO₂) na fábrica da Coca-Cola SABCO (Moçambique)

Sarl Nampula



Autor: Jaime Afonso Macome

Supervisora: Prof. Doutora Tatiana Kuleshov

Co-supervisor: Eng. Mishek Mureithi (RMM)

Co-supervisor: Eng. Rafael Manuel (QS)

Maputo, Agosto de 2014

Dedicatória

Dedico esse trabalho a uma pessoa que foi muito especial na minha vida, **Sérgio Alfredo Chauque** que Deus o tenha em seu leito.

Aos meus Pais Afonso Boaventura Macome e Joana Vasco Bila que sempre fizeram de tudo e deram o pouco que tinham para que o seu filho pudesse ir adiante com os seus estudos.

A minha querida namorada Helena António Chunguane pelo amor carinho e atenção e acima de tudo um toque de realidade sempre que fosse necessário e as minhas irmãs Zilda, Madalena, Carolina e Arminda, dedico-lhes esse trabalho pela motivação que sempre me deram e pela força para continuar, principalmente na fase final do trabalho senti mais a sua força e as saudades foram o maior fomento para a conclusão desse trabalho.

*“Aprendi que a coragem
não é a ausência do Medo, mas
o triunfo sobre ele. O Homem
corajoso não é aquele que não
sente medo, mas o que
conquista esse medo”*

Nelson Mandela

Agradecimentos

Em primeiro lugar e acima de tudo e de todos agradeço a Deus o criador do Céu e da terra e de todas coisas que existem.

A Prof^a. Doutora Tatiana Kuleshov, minha supervisora, docente do Departamento de Química, que quando eu não sabia mais onde recorrer estava ela sempre presente para ajudar e acompanhar este trabalho desde início até ao fim dando contribuições científicas necessárias.

Ao Dr. Simon Everest, Administrador Delegado da Coca-Cola SABCO Moçambique

Ao Dr. Patrick Muzarabane Peter, Director Nacional de Formação e Desenvolvimento da Coca-Cola SABCO pelo contrato de estágio que me concedeu.

Ao Eng. Sérgio Fernandes, Director Nacional de Produção da Coca-Cola SABCO pela entrevista e pelo seu jeito simples de ser e de tratar as pessoas.

Ao “Cocoane” como é carinhosamente tratado o Eng. Rafael Chavanguane, Director Nacional de Formação Técnica e ao dr. Mustafá Selemene, pelas formações, lições de vida e sobre tudo, o seu jeito simples e humilde de ser.

A Dra. Mary Angwesh, Directora de Qualidade da Região Norte com quem tive o prazer de trabalhar durante praticamente todo o período de Estágio.

Ao Eng. Mishek Mureithi, Director Regional Fabril pela proposta do tema do projecto e pela pressão no trabalho e pressão para receber os resultados desse grande desafio.

Ao Eng. Rafael Manuel, Supervisor de Qualidade da Fábrica por todos ensinamentos, seu jeito frontal, e pelo seu carisma.

A equipe de Qualidade “Quality Team” (dr. Francelino Artur, dr. Fernando Machaca, Eng. João Júnior etc.) the best team of Quality como carinhosamente nos tratávamos.

Ao Eng. Manuel Batalha, Director Regional de Formação.

Ao dr. Baptista Bota, Director Regional de Finanças e meu Sacerdote da Igreja, o meu muito obrigado pelos ensinamentos e pelos puxões de orelhas merecidos que me deu.

Toda equipe da Produção (sr. Mussupai, sr. Sadat, sr. Victor, etc), Armazém (dr. Metuque, sr. Williamo, sra. Eufrazia, sr. Abdala, sr. Abel, etc), Recursos Humanos (sra. Otília, dr. Génésio Tonhiua, etc), Vendas (dr. Hamilton Peres, sr. Immerson, sr. Ruben, etc), Finanças (Dona Helena, dr. Emerson, sra. Florência, etc), Manutenção (sr. Comé, sr. Álvaro e sr. Pascoal) e outros que não mencionei, o meu muito obrigado.

Meus Colegas estagiários GITs (Graduate in Training) Arsénio do Rosário, Eng. Mauro Ventura e Eng. Meneses, a Halima, Jacinto Matsimbe, José Ngulele, Edmundo Bié, Amélia João, e ao dr. Rui Purula por aqueles momentos que vocês sabem.

Aos docentes do Departamento de Química Prof. Doutora Amália, Prof. Doutor Munyamane, Prof. Doutor Pagula, Dr. Massinga, dr Siteo, dra Carolina, entre outros, o meu muito obrigado por todos ensinamentos.

Aos meus colegas Ângelo Mutombene, Esteves João, Ivo Dava, Portásio Joaquim, Juvêncio Massinguil, dra. Alda Brígida, dra Nilza Marinela, Emerson Machava, Armando Pinto, João Conjo, dra. Soraya Izedine e outros, as batalhas foram fortes mas vencemos.

Aos Sr. João Macuacua, Sr. Hognélio, Sr. Ramiro, Sr. Américo, dona Madalena e outros, obrigado por vos ter conhecido e ser vosso amigo.

Aos outros colegas, amigos e familiares dr. Vicente Mazive, dr. Hipólito Sambo, dr. Michael Sambo, dr. Merssiev de Melo, Sra. Edna, Sr. Américo, Sr. Aniceto, Sr. Onésio Macome, Sr. Osvaldo Macome, minhas sobrinhas Cidinha e Toni.

O meu muito obrigado a todos vocês que fazem, vão fazer e fizeram parte da minha vida e da minha História, sem vocês eu não seria o que sou hoje.

Declaração sob compromisso de Honra

Eu, Jaime Afonso Macome declaro que o presente trabalho de investigação é da minha autoria e foi feito com base na bibliografia apresentada.

Maputo, Agosto de 2014

(Jaime Afonso Macome)

Resumo

A qualidade dos produtos é definida pela satisfação dos clientes, na medida em que o custo de aquisição dos produtos seja acessível e satisfaça o cliente, para tal o custo de produção também deve proporcionar lucros ao patronato e esses devem criar boas condições de trabalho para os seus funcionários e salários justos. Nessa ordem de ideia para que o custo de produção seja baixo, o custo da matéria-prima também deve ser baixo e de boa qualidade.

O trabalho teve como objectivo, Estudar as possibilidades do aumento do rendimento do Dióxido de Carbono na fábrica. Como objectivos específicos, Realizar o estudo do processo de produção do refresco na Coca-Cola; Descrever os factores que condicionam a solubilização do Dióxido de Carbono no refrigerante; Realizar ensaios laboratoriais para o controlo da qualidade do CO₂; Comparar os valores de rendimento nas outras fábricas da Coca-Cola do País; Fazer tratamento estatístico dos resultados; Propor medidas para reduzir o desperdício do Dióxido de Carbono na Fábrica.

A preocupação com o baixo rendimento de uso da matéria-prima na Fábrica Coca-Cola SABCO Nampula levou a elaboração desse trabalho, pelo facto de, o RDC na Fábrica estar a baixar consideravelmente mês após mês. A média de rendimento de CO₂ na Fábrica em 2013 foi de 58.8% e essa média reduziu e até Abril de 2014 a média foi ainda mais baixa 57.4%.

Metodologia do trabalho basou-se na revisão das fontes bibliográficas, ligadas com o tema, análise do processo de produção da Coca-Cola e os tipos de equipamentos de medição de consumo de CO₂. Os resultados de estudo mostraram que parte dos problemas do baixo RDC podem ser explicados pela medição não adequada de consumo de CO₂ entre os dois instrumentos usados na Fábrica, e também pela alteração do fluxo normal do gás do tanque para a linha de produção devido ao desvio para a sala de Xarope, e esse gás não é contado no cálculo de rendimento. Mas considerou-se também a possibilidade de baixar a temperatura do produto para melhor solubilizar o gás e reduzir os parâmetros de inserção do gás na Misturadora.

Concluiu-se também a partir de estudos feitos na Fábrica da Matola em Maputo que os problemas de rendimento não são apenas de Nampula pois a Fábrica da Matola apresentou uma média de rendimento entre Janeiro e Fevereiro de 2014, 51.9% e usa o mesmo tipo de equipamentos de monitoramento, Manómetro e Flowmeter e segundo os técnicos, esses instrumentos apresentam resultados diferentes de medição de consumo.

INDICE DE CONTEUDO

Resumo.....	V
Capítulo I. Introdução	1
1.1. Breve Historial da Coca-Cola	2
1.2. Objectivos do Trabalho	5
1.2.1. Objectivo Geral	5
1.2.2. Objectivos específicos.....	5
1.3. Justificativa da escolha do tema	5
1.4. Pergunta de pesquisa	6
1.5. Metodologia	6
Capítulo II. Revisão da bibliografia	7
2.1. Estudo do Dióxido de Carbono	7
2.1.1. Dióxido de Carbono	7
2.1.2. Produção e uso do Dióxido de Carbono.....	8
2.1.3. Descarregamento do Dióxido de Carbono	10
2.1.4. Fluxo do Dióxido de Carbono a partir do tanque de armazenamento até ao local do seu uso (Linha de produção e sala de Xaropes)	11
2.2. Produção de refrigerantes e processo de carbonatação na CCS	14
2.2.1. Preparação da água com o padrão de qualidade recomendável.....	15
2.2.2. Preparação do Xarope Simples.....	15
2.2.3. Preparação do Xarope Final	16
2.2.4. Deaeração da Água.....	17
2.2.5. Dosagem e mistura da água deaerada com Xarope	17
2.2.6. Carbonatação.....	19
2.2.6.1. Factores que condicionam a carbonatação	20
2.2.6.1.1. Interação soluto-solvente.....	21
2.2.6.1.2. Influência da pressão.....	21
2.2.6.1.3. Influência da temperatura.....	22
2.2.7. Enchimento.....	23
2.3. CIP (Limpeza e sanitização)	25
Capítulo III. Descrição do local do estágio	26
3.1. Parte Experimental	28
3.1.1. Ensaio Laboratoriais	28
3.1.1.1. Teste de Pureza.....	28

3.1.1.2. Teste de Sabor e cheiro	30
Capítulo IV. Resultados, sua análise e discussão	31
4.1. Resultados dos ensaios laboratoriais	31
4.2. Resultados dos ensaios tecnológicos	31
4.3. Tratamento estatístico dos resultados dos ensaios tecnológicos	33
4.3.1. Intervalo de confiança para a média populacional	35
4.4. Os resultados de cálculos do RDC na Fábrica de Nampula em comparação com a Fábrica da Matola.....	39
Capítulo V. Conclusões e recomendações.	42
5.1. Conclusões	42
5.2. Recomendações.....	43
Bibliografia	45
Anexos.....	I

ANEXOS

Diagrama da Fábrica de Nampula.....	I
Tabela de distribuição padrão Z.....	II
Tabela de distribuição t-student.....	III
Certificados de qualidade do CO ₂	IV
Certificado de análises de CO ₂	VI
CIP.....	VII

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Dióxido de Carbono, temperatura-pressão.....	7
Figura 2: Diagrama ilustrativo dos processos que o gás sofre.....	11
Figura 3: Tanque de CO ₂ a direita e vaporizadores de CO ₂ a esquerda (serpentina).....	11
Figura 4: Entrada do CO ₂ no vaporizador e sensor de CO ₂ , filtro polidor e redutor de pressão.....	12
Figura 5: ASCO Flowmeter (medidor de Fluxo) e Manómetro.....	13
Figura 6: Blender.....	15
Figura 7: Permutador de calor.....	17
Figura 8: Fluxograma da Blender e Filler.....	19
Figura 9: Efeito da pressão no processo de solubilização do CO ₂	20
Figura 10: Máquina lavadora de garrafas (bottler washer).....	23
Figura 11: Ilustração do processo de enchimento das garrafas (RGB).....	24
Figura 12: Zahm e Nagel séries 10000.....	30
Figura 13: Fluxograma do CO ₂ a partir do tanque até ao ponto de uso.....	39

INDICE DE TABELAS

Tabela 1: Produção de Dióxido de Carbono nos EUA.....	8
Tabela 2: Material e reagentes para teste de pureza.....	22
Tabela 3: Material e reagentes para teste de sabor e cheiro.....	38
Tabela 4: Resultados dos testes de pureza, sabor e cheiro de CO ₂	38
Tabela 5: Dados de consumo de CO ₂ no Manómetro e no Flowmeter.....	38
Tabela 6: Consumo de gás Carbónico por dia de produção.....	40
Tabela 7: Cálculo do rendimento de CO ₂	41

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Solubilidade de compostos iónicos em água.....	21
Gráfico 2: Solubilidade dos gases em água.....	22
Gráfico 3: Medição relativa de consumo de CO ₂ entre o Manómetro e o Flowmeter....	38
Gráfico 4: Comparação dos consumos de CO ₂ entre Manómetro e Flowmeter.....	38
Gráfico 5: Rendimentos de CO ₂ na Fábrica de Nampula desde Janeiro de 2013 a Abril de 2014.....	40
Gráfico 6: Rendimentos de CO ₂ na Fábrica da Matola em Maputo.....	40
Gráfico 7: Comparação do rendimento de CO ₂ na Fábrica da Matola e Nampula 2014.....	41

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
CCS	Coca-Cola SABCO
SABCO	South African Bottling Company
TCCC	The Coca-Cola Company
EIGA	European Industries Gases Association
Stand Dev	Desvio Padrão
CCSM	Coca-Cola SABCO Moçambique
EUA	Estados Unidos de América
Flowmeter	Medidor de Fluxo
ASCO	Marca de instrumento
KHS	Marca do fornecedor de equipamentos
EBI	Empty Bottler Inspection
FBI	Full Bottler Inspection
C.V.	Coeficiente de Variação
RGB	Returnable glass bottler
RDC	Rendimento de Dióxido de Carbono
PET	Polietileno
Brix	Unidade de medida da quantidade de açúcar no Refresco
CIP	Clean in Place
Sum	Soma
TSB	Empresa fornecedora de açúcar branco Refinado
Blender	Misturadora
Filler	Enchedora

Capítulo I. Introdução

Os refrigerantes são constituídos por uma mistura de água e gás (Dióxido de Carbono) e Xarope. O CO₂ facilmente se insere na água ou no produto quando o líquido estiver a uma temperatura entre 0°C a 10°C.

O objectivo final é sempre o mesmo de gaseificar o produto a ser enchido no volume de gás carbónico nos padrões de Qualidade da Coca-Cola Company.

O CO₂ tem uma dupla função de conservar e dar sabor aos produtos da Coca-Cola (Dos Santos, Selemene e Serra, 2011).

O Dióxido de Carbono foi descoberto pelo Escocês Joseph Black em 1754. Estruturalmente é constituído por moléculas de geometria linear e de carácter apolar. Por isso as atracções intermoleculares são muito fracas, tornando-o, nas condições ambientais, um gás. Daí o seu nome comercial gás carbónico. Esse gás é exalado dos seres humanos e dos animais e é aceite pelas plantas. Visto que é um dos compostos essenciais para a realização da fotossíntese - processo pelo qual os organismos fotossintetizantes transformam a energia solar em energia química. Esta energia química, por sua vez é distribuída para todos os seres vivos por meio da cadeia alimentar. Este processo é uma das fases do ciclo do Carbono e é vital para a manutenção dos seres vivos (Greenwood, 2001).

O CO₂ pode ser encontrado em 3 estados físicos, nomeadamente gasoso, líquido abaixo da temperatura crítica e no ponto triplo e o estado sólido. O CO₂ gasoso é amplamente usado na produção de refrigerantes carbonatados e só este uso é responsável por 20% da produção (EIGA, 2008).

1.1. Breve Historial da Coca-Cola

A Coca-Cola Company existe para beneficiar e refrescar a cada um que toca, essa companhia é líder Mundial na produção, marketing e distribuição de concentrados e Xaropes de bebidas não alcoólicas, usados para produzir mais de 300 diferentes sabores de bebidas (TCCC official History, 2013).

A história da Coca-Cola surge a 8 de Maio de 1886, quando o Dr. John Pemberton um Farmacêutico, criou o Xarope da Coca-Cola em Atlanta na Geórgia, finda a criação do Xarope levou uma amostra para a Farmácia Jacob, e esse estrato foi misturado com água carbonatada e servida aos clientes, que afirmaram logo ao princípio que essa bebida continha algo especial, e visto o sucesso do novo produto, este foi colocado a venda por 5cent US\$ o copo na Farmácia Jacob. O Contabilista do Dr. J. Pemberton, Frank Robinson nomeou o então novo produto de “*Coca-Cola*”, e foi ele também o responsável pelo logotipo que apresenta por ter escrito o nome da marca com as letras que até hoje apresenta. (TCCC official History, 2013).

Em 1891, sem imaginar que seu invento, seria um produto de sucesso Mundial, Pemberton vendeu a marca à Asa Griggs Candler por aproximadamente US\$2.300,00. Candler foi então o primeiro Presidente da Empresa, dando real visibilidade à marca. Encontrou formas criativas de divulgá-la: distribuindo cupões para incentivar as pessoas a experimentar o produto, forneceu balanças a farmácias, relógios e calendários com a marca Coca-Cola. A promoção agressiva funcionou e a bebida se espalhou rapidamente por todos os lugares (TCCC Official History, 2013).

Em 1894, Joseph Biedenharn, comerciante do Mississippi, engarrafou a bebida e ofereceu a Candler, que não gostou da ideia inicialmente, sem saber que esse seria um dos segredos de sucesso da bebida: a portabilidade oferecida pela garrafa. Assim, cinco anos depois, em 1899, vendeu o direito de engarrafá-la para todo território Norte-americano a dois advogados Benjamim F. Thomas e J. Whitehead por apenas US\$1 (TCCC Official History, 2013).

Em 1919, Candler vendeu sua parte a Robert Woodruff por 25milhoes US\$, e este assumiu a presidência 5 anos depois. Embora Candler tenha consolidado a marca nos Estados Unidos, foi Woodruff que consolidou a marca em todo o Mundo nos 60 anos em que esteve no comando da Empresa. Foi dele a ideia de que deveria haver uma Coca-Cola em qualquer lugar do mundo. Na II Guerra Mundial ele determinou que o produto fosse vendido à US\$0,05 para qualquer combatente Norte-americano, em

qualquer lugar do mundo, independente do custo disso para a Empresa e isso também serviu para que a Coca-Cola fosse consumida em todo Mundo e por todo Mundo (TCCC Official History, 2013).

Em 27 de Abril de 1940, um empresário Norte-americano, William Donald Hyde estabeleceu a SA Bottling Company (Pty) Ltd, em uma das Cidades portuárias mais activas da África do Sul, Port Elizabeth. Mr. Hyde nomeou seus dois filhos, Gordon Byron Hyde e William Donald Hyde Jnr, para executar as Empresas Sul-africanas e William Donald Hyde Jnr foi nomeado para executar a recém-formada SA Bottling Company. Em Outubro de 1940: Philipp Rowland Gutsche juntou-se a SA Bottling Company em Port Elizabeth. A 20 de Março de 1941, ele foi transferido para Brakpan como o Director da nova aquisição (SABCO Connection, 2014).

Em 16 de Março de 1956: Philipp R Gutsche adquiriu uma parcela das acções da Companhia, tendo sido nomeado Director. Brakpan foi vendida para a Coca-Cola Export Corporation. Os recursos foram utilizados para reforçar as operações de Port Elizabeth e Bloemfontein. Após a morte de William D Hyde Snr no início de 1960, Donald Hyde vendeu suas acções da SA Bottling Company a seu irmão Gordon e Philipp R Gutsche, e voltou para os Estados Unidos e Gutsche Assumiu a SABCO. Gordon Hyde convidou Philipp R Gutsche para Bloemfontein, em Janeiro de 1960, para discutir um acordo mútuo, sendo que em caso de morte de qualquer das partes, o parceiro sobrevivente é dada a opção de comprar as acções do falecido. Este acordo foi assinado em 30 de Janeiro de 1960. Infelizmente, no entanto, Gordon Hyde morreu em 16 de Fevereiro desse ano e Philipp R Gutsche tornou-se o único proprietário da empresa (SABCO Connection, 2014).

Em 1994, Philipp H Gutsche convence o Reserve Bank Governor Sul-africano para apoiar o primeiro South African Venture Coca-Cola Bottler para fora do País - anuncia o início da "Aventura Africana". O primeiro passo para a viagem envolve um investimento no País vizinho Moçambique. Um ano mais tarde, o crescimento astronómico em Moçambique revela a The Coca-Cola Company (TCCC) que SA Bottling Company é uma empresa digna de nutrir seus objectivos na África (SABCO Connection, 2014).

VISÃO E VALORES

Visão da CCSM, Nampula

“Ser a melhor engarrafadora de Coca-Cola do Mundo”

A Melhor: Em crescimento de vendas e retorno no capital aplicado

Engarrafador da Coca-Cola: Uma empresa direccionada a satisfazer o consumidor através do cliente, que Fábrica, vende e distribui os produtos e marcas da empresa Coca-Cola.

No Mundo: Usamos como padrões de referência os melhores engarrafadores de Coca-Cola no Mundo.

1.2. Objectivos do Trabalho

1.2.1. Objectivo Geral

- ✓ Estudar as possibilidades do melhoramento do rendimento do Dióxido de Carbono na fábrica.

1.2.2. Objectivos específicos

- ✓ Realizar o estudo do processo de produção do refresco na Coca-Cola;
- ✓ Descrever os factores que condicionam a solubilização do Dióxido de Carbono no Refrigerante;
- ✓ Realizar ensaios laboratoriais para o controlo da qualidade do Dióxido de Carbono;
- ✓ Comparar os valores de rendimento nas outras fábricas de Coca-Cola do País;
- ✓ Fazer o tratamento estatístico dos resultados;
- ✓ Propor as melhores formas de aumentar o volume de gás no refresco;
- ✓ Propor medidas para reduzir o desperdício do Dióxido de Carbono na Fábrica.

1.3. Justificativa da escolha do tema

A Fábrica Coca-Cola SABCO (Mozambique) Sarl Nampula recebeu o premio bronze de qualidade em 2008, atribuído pela Coca-Cola Company que é o regulador das actividades desempenhadas pelas Companhias que fazem o engarrafamento dos seus produtos. Esse prémio é atribuído a Fábrica que alcançar uma série de especificações que garantem a qualidade Mundial dos produtos da Coca-Cola. O grupo Coca-Cola SABCO tem as suas fábricas distribuídas pela África em 7 países e na Ásia em 3 Países. Desde a sua abertura em 5 de Abril de 2001, a Fábrica de Nampula foi um orgulho para Moçambique por ter sido uma Fábrica de construção de Raiz e anos depois a Fábrica foi perdendo a qualidade e o rendimento da matéria-prima foi cada vez mais reduzindo principalmente o rendimento do Dióxido de Carbono (RDC), que chegou a atingir 50.69% no ano de 2013, no mês de Setembro. Desta forma surgiu a necessidade de se criar um projecto que visa melhorar o RDC em cerca de 60% a 80% sendo o objectivo ou especificação da Coca-Cola Company atingir 75%.

1.4. Pergunta de pesquisa

Como podemos melhorar o RDC na fábrica?

1.5. Metodologia

O presente trabalho obedeceu os seguintes passos para a sua elaboração:

- Pesquisa bibliográfica: livros, artigos científicos, internet, teses e monografias, manuais e catálogos de equipamentos usados na fábrica, levantamento do histórico das eficiências de CO₂ na fábrica, manuais do utilizador;
- O trabalho experimental que incluiu a realização dos ensaios laboratoriais e tecnológicos;
- Análise e discussão dos resultados, obtidos na Fábrica em estudo e noutras fábricas da Coca-Cola do País;
- Tratamento estatístico dos resultados obtidos;
- Elaboração do relatório final.

Capítulo II. Revisão da bibliografia

2.1. Estudo do Dióxido de Carbono

2.1.1. Dióxido de Carbono

O Dióxido de Carbono é um gás não inflamável, composto por oxigénio e carbono, é classificado como um gás não tóxico, mas começa a afectar a respiração a partir da concentração de cerca de 1% e agrava-se o seu efeito em concentrações cada vez mais elevadas (EIGA, 2008).

O Dióxido de Carbono foi descoberto pelo Escocês Joseph Black em 1754. Estruturalmente é constituído por moléculas de geometria linear e de carácter apolar. Por isso as atracções intermoleculares são muito fracas, tornando-o, nas condições ambientais, um gás. Daí o seu nome comercial de gás Carbónico. Esse gás é exalado dos seres humanos e dos animais e é aceite pelas plantas. Visto que é um dos compostos essenciais para a realização da fotossíntese, processo pelo qual os organismos fotossintetizantes transformam a energia solar em energia química. Esta energia química, por sua vez é distribuída para todos os seres vivos por meio da cadeia alimentar. Este processo é uma das fases do ciclo do carbono e é vital para a manutenção dos seres vivos.

O Dióxido de Carbono não suporta a combustão. Quando dissolvido em água, o ácido carbónico (H_2CO_3) é formado. O seu pH varia de 3,7 a pressão atmosférica até 3,2 a 23,4 bar (EIGA, 2008).

Como mostra a figura 1, o CO_2 pode ser encontrado em três estados físicos nomeadamente: gasoso a $15^\circ C$ e à pressão atmosférica (1atm) e a densidade de $1,97 \text{ Kg/m}^3$ e é 1,5 vezes mais pesado do que o ar. No estado líquido o CO_2 existe abaixo da temperatura crítica de $1^\circ C$ e acima do chamado ponto triplo com a temperatura de $-56,6^\circ C$ a 4,18 bar. Estado sólido (gelo seco-Dry Ice) encontra-se a temperatura de $-78,5^\circ C$ em forma de neve e esta é pressionada para blocos ou pellets “gelo seco” (EIGA, 2008).

O CO_2 tem muito poucas reacções vigorosas com outras substâncias, excepto sob condições de alta temperatura e pressão, na presença de substâncias reactivas tais como sódio e magnésio. Por esta razão, o Dióxido de Carbono não deve ser utilizado como um extintor de incêndio para metais reactivos como o sódio e magnésio (EIGA, 2008).

Carbon Dioxide Temperature-Pressure Diagram

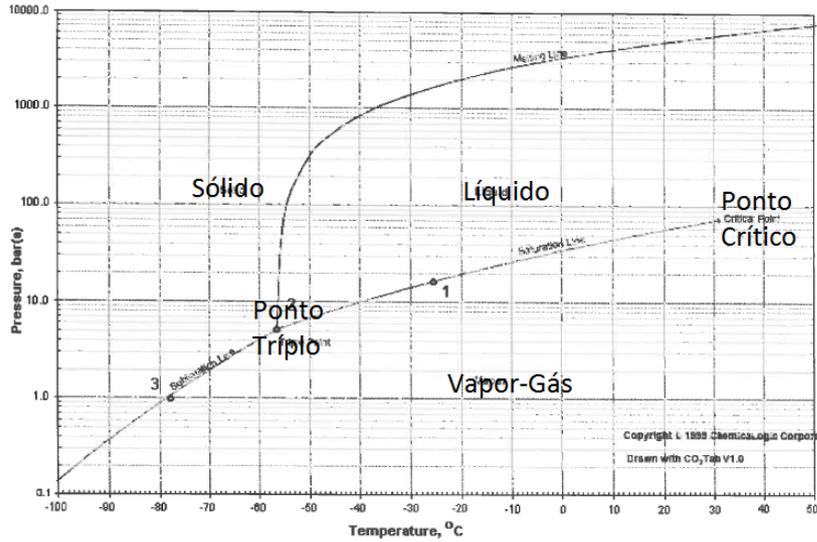
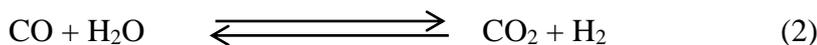
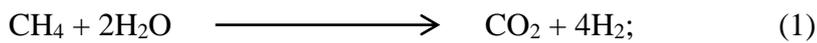


Figura 1: Diagrama de Dióxido de Carbono em coordenadas temperatura- pressão

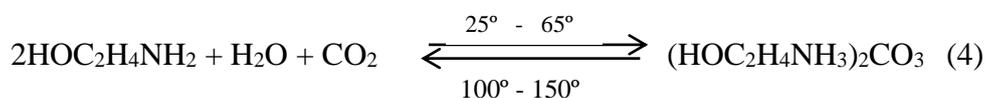
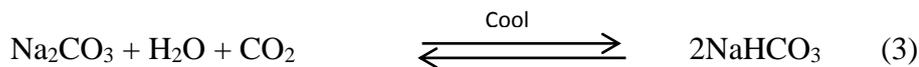
Fonte: Manual ISISAN, Guide to Vacuum insulated CO₂Tanks

2.1.2. Produção e uso do Dióxido de Carbono.

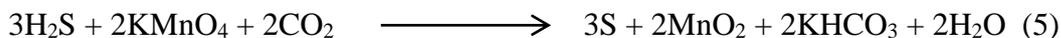
Dióxido de Carbono pode ser facilmente obtido em pequenas quantidades por acção de ácidos sobre os carbonatos. Em uma escala industrial, a fonte principal é como um subproduto do processo de síntese de amoníaco em que o hidrogénio exigido é gerado, quer pela reacção catalítica (a) ou pela reacção de deslocamento de gás-água (b) (Greenwood, 2001):



O CO₂ é também recuperado economicamente a partir dos gases de combustão resultantes da combustão de combustíveis Carbonosos. A partir da fermentação de açúcar e de calcinação de calcário: a recuperação é por absorção, quer em Na₂CO₃ aquoso ou etanolamina aquoso (Processo Girbatol).



Em certos locais o CO₂ pode ser obtido a partir de poços de gás natural. Impureza (H₂S) é removida por oxidação usando uma solução alcalina tamponada saturada com KMnO₄ (Greenwood, 2001).



A escala de produção tem aumentado rapidamente nos últimos anos e em 1980 ultrapassou 33 milhões de toneladas só nos EUA, embora grande parte desta é usada em usinas integradas, no local. A aplicação mais extensiva de CO₂ é como um refrigerante, cerca de 52% da produção é consumida nesta forma. O CO₂ pode ser liquefeito em qualquer temperatura entre o ponto triplo -56,6°C (5,11 atm) e seu ponto crítico 31,1°C (72,9 atm.). O gás pode ser pressurizado de 75 atm e, em seguida, arrefecido até à temperatura ambiente, ou previamente arrefecido a cerca de -15 ° (± 5°) e depois é pressurizado para 15,25 atm. O CO₂ sólido é obtido através da expansão de CO₂ líquido a partir de cilindros para dar uma " neve ", que é depois comprimida mecanicamente em blocos de tamanho conveniente. Até cerca de 40 anos atrás, o volume de CO₂ refrigerado era sob a forma de CO₂ sólido, mas desde 1960, a produção de CO₂ líquido ultrapassou a forma sólida devido a menores custos de produção e de facilidade de transporte e doseamento do material. Alguns valores típicos de produção são mostrados na tabela 1. O CO₂ supercrítico também tem encontrando crescente utilização como um solvente versátil para reacções Químicas (Greenwood, 2001).

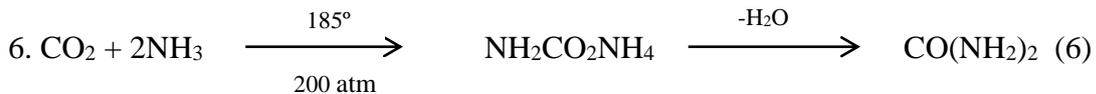
Tabela 1: Produção de Dióxido de Carbono nos EUA

Produção de Dióxido de Carbono nos EUA					
Anos	1955	1960	1962	1977	1987
Produção CO ₂ em Quilotoneladas					
CO ₂ Sólido	520	426	406	340	310
CO ₂ Líquido e gasoso	185	432	522	1660	7310
Total	705	858	928	2000	7620

Fonte: Greenwood,2001.

CO₂ sólido é usado como um refrigerante para sorvete, carne e alimentos congelados, e como um agente de arrefecimento conveniente para laboratório e refrigerante. O CO₂

líquido é amplamente utilizado para melhorar a capacidade de solubilização ou desintegração de metais de baixo ponto de fusão e para o resfriamento rápido de caminhões carregados e vagões; também é utilizado para encher botes salva-vidas, em extintores de incêndio, e em explodir rochas para a mineração de carvão. A aplicação relacionada de crescente importância é como um substituto para propulsores de aerossol clorofluorcarbono embora esta aplicação nunca vá consumir grandes quantidades de gás desde que a quantidade em cada lata seja extremamente pequeno. O CO₂ gasoso é amplamente usado para refrigerantes carbonatados e só este uso é responsável por 20% da produção. Outras aplicações são ligadas com a sua utilização como uma purga de gás, tal como um gás protector inerte durante a soldagem, e para a neutralização da soda e a alcalinidade em águas residuais. Pequenas quantidades são também utilizadas no fabrico de salicilato de sódio, carbonato de chumbo básico ("branco de chumbo"), e diversos carbonatos, tais como M₂¹ CO₃ e M¹ (CO₃)₂ (M¹ = Na, K, NH₄ , etc.) Uma das utilizações mais importantes de CO₂ é a Fabricação de ureia através de carbonato de amónio (Greenwood, 2001):



A ureia é usada para fazer plásticos e resinas de ureia - formaldeído e cada vez mais, como um adubo azotado (46,7 % N), a produção mundial de ureia foi de 23 milhões de toneladas em 1984 (Greenwood, 2001).

2.1.3. Descarregamento do Dióxido de Carbono

O descarregamento ou transferência do CO₂ liquefeito é feito por camiões cisterna equipados com dispositivos de segurança, bombas de transferência e tubagem para a transferência do Dióxido de Carbono líquido para dentro ou fora do tanque de armazenamento. Conexões entre CO₂ e o tanque de armazenamento são feitos com mangueiras reforçadas e flexíveis. Se há uma linha de equilíbrio de gás entre o CO₂ e tanque de armazenamento de CO₂, esta mangueira pode ser ligada, quer para a fase gasosa do tanque ou a um tubo de excesso de enchimento, instalada no interior do tanque de armazenamento que impede o transbordamento, retornando CO₂ líquido para o tanque. Uma válvula deve ser utilizada, para evitar o sobre enchimento

(transbordamento) do tanque de armazenamento. A válvula indica o nível do líquido no tanque de armazenamento, quando é atingido durante a operação de enchimento, e deve parar a operação de enchimento (manualmente ou automaticamente). As bombas de transferência devem ser imediatamente interrompidas se a pressão do tanque atingir o máximo permitido (pressão de trabalho), se há dispositivos instalados para evitar sobrepressão e transbordamento. Todas as mangueiras utilizadas em serviço de Dióxido de Carbono devem ser projectadas para o teste máximo de trabalho e pressão de explosão de acordo com as normas e regulamentos do País de utilização. De acordo com tais regulamentos das mangueiras podem ter de ser retesados a determinados intervalos. A superfície interior das mangueiras deve ser compatível com o Dióxido de Carbono para evitar inchaço, bolhas, encolhimento, ou outras formas de deterioração e deformação. As mangueiras devem ter uma protecção eficaz para evitar o acúmulo de sujeira ou humidade (água): por exemplo, tampas de mangueira. As mangueiras flexíveis necessárias para a transferência são normalmente armazenadas pelo entregador. No entanto, caso as mangueiras tenham sido fornecidas para o usuário e são retidos nas instalações dos clientes, então elas devem ser regularmente inspecionadas e testadas por uma pessoa competente. O procedimento para carregamento ou descarregamento do tanque deve ser acordado entre o cliente e o fornecedor. Pressurizar e purgar os procedimentos é muito importante, a fim de evitar o desenvolvimento de rolha de gelo seco (EIGA, 2008).

2.1.4. Fluxo do Dióxido de Carbono a partir do tanque de armazenamento até ao local do seu uso (Linha de produção e sala de Xaropes)

Para perceber o processo do fluxo do gás carbónico a partir do tanque de armazenamento até ao local de uso é preciso conhecer a composição e os processos que o gás sofre durante esse percurso que são demonstrados na figura 2:

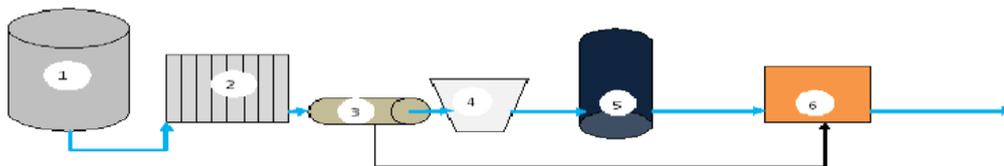
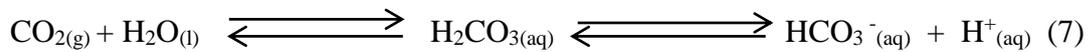


Figura 2: diagrama ilustrativo dos processos que o gás sofre

Fonte: Módulo de CO₂

1. Tanque de conservação de CO₂
2. Vaporizador
3. Filtros de CO₂ da Domnick Hunter
4. Redutor da pressão de CO₂
5. Medidor do caudal de CO₂ que vai para a linha de produção e sala de Xaropes.

O refrigerante é essencialmente constituído por Xarope (mistura de água, açúcar e concentrado) e Dióxido de Carbono dissolvido. O CO₂, responsável pela efervescência, é essencial na composição dos refrigerantes. Em água estabelece se o seguinte equilíbrio do processo de carbonatação conforme a equação 7:



O CO₂ recebido, é transportado em tanques pelos camiões da MOGÁS para o tanque que se localiza no interior da Fábrica perto do armazém cápsulas. Porém, antes de se fazer a descarga, uma amostra é recolhida com auxílio de uma pequena botija para análise laboratorial para confirmar se o mesmo não foi contaminado e se está dentro dos parâmetros exigidos pela Coca-Cola Company.

O CO₂ dentro do tanque da MOGÁS, veja figura 3, encontra-se a temperatura muito baixa de cerca de -20°C e a pressão de 1980 Kpa correspondente a 19.8 bar.



Figura 3: Tanque de CO₂ a direita e Vaporizadores de CO₂ a esquerda (serpentina)

Fonte: Fábrica da Coca-cola SABCO Nampula

Os vaporizadores recebem o CO₂ proveniente do tanque a temperaturas muito baixas que chegam a formar gelo na parte externa da tubagem, esse gás é vaporizado e passa pelo sensor de gás que mede o fluxo e calcula a massa de gás que passa pelo sensor através do medidor de fluxo (Flowmeter) localizado no armazém de cápsulas logo na entrada do lado direito. A Figura 4 ilustra a entrada do CO₂ no vaporizador (a esquerda) e sensor de CO₂, filtro polidor e redutor de pressão (a direita).

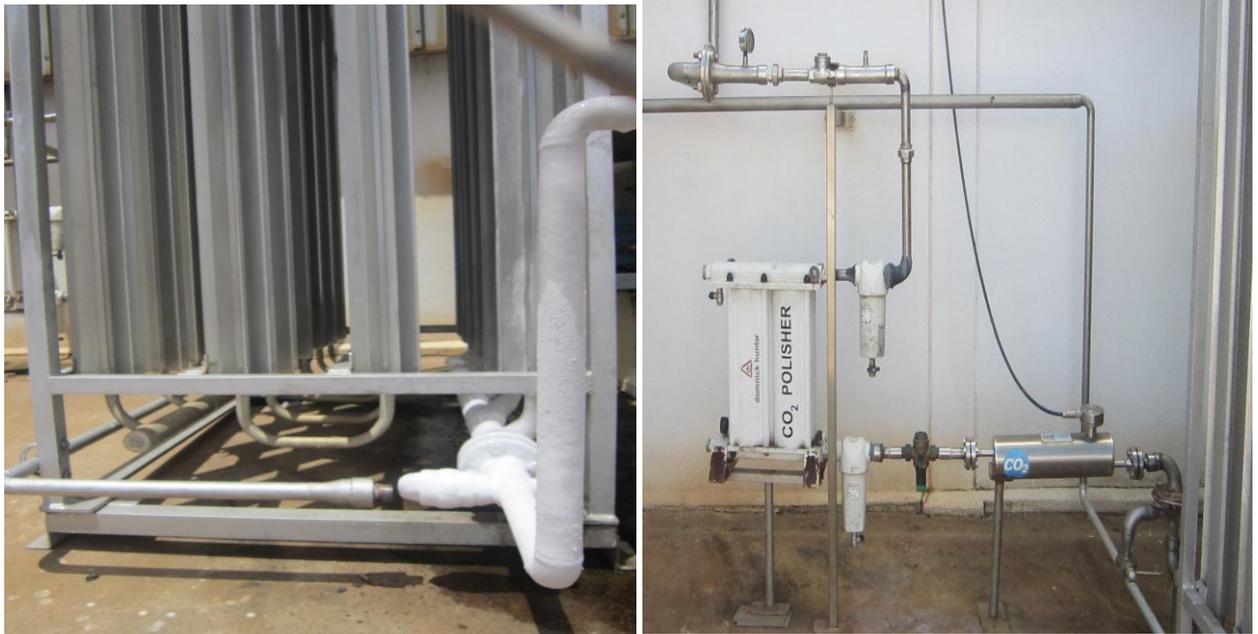


Figura 4: Entrada do CO₂ no Vaporizador e Sensor de CO₂, Filtro polidor e redutor de pressão.

Fonte: Fábrica da Coca-cola Nampula

O filtro polidor (Domnick Hunter) serve para eliminar possíveis contaminantes do gás que possam afectar a qualidade do gás e consequentemente a qualidade do refresco (Domnick Hunter, 2001).

O controlo da quantidade de gás fornecido a linha de produção é feito com recurso a dois instrumentos, o manómetro que se localiza acoplado ao tanque de gás (propriedade da MOGÁS) e o Flowmeter localizado na entrada do armazém de cápsulas (Propriedade da Fábrica Coca-Cola).

Os dois instrumentos medem a quantidade de gás (massa de gás) que se vai consumindo durante a produção, referir que o manómetro aqui colocado é manual e o Flowmeter é digital.

A partir do filtro polidor, o CO₂ entra directamente para a linha de produção, enquanto o gás é consumido, o sensor emite a informação para o Flowmeter (a esquerda) e do tanque o consumo é controlado através do manómetro (a direita), demonstrados na figura 5.



Figura 5: ASCO Flowmeter (medidor de Fluxo) e Manómetro

Fonte: Fábrica da Coca-cola Nampula

O gás enviado para a linha de produção tem as seguintes propriedades:

- Sabor: Normal
- Aparência: Normal
- Humidade: 0,01%
- Cheiro: Normal
- Pureza: 99.9%
- Pressão no tanque: 19.8 Bar
- Pressão na entrada da linha: 6 Bar

2.2. Produção de refrigerantes e processo de carbonatação na CCS

O refresco é uma mistura composta por água, açúcar ou adoçantes (exemplo Coca-Cola Zero usa-se adoçante), gás (Dióxido de Carbono) e concentrados (conservantes, acidulantes, aromatizantes, etc.).

A produção de refrigerantes compreende 6 fases:

1. Preparação da água com o padrão de qualidade recomendável;
2. Preparação do Xarope Simples;
3. Preparação do Xarope final;
4. Mistura do Xarope final e água;
- 5. Carbonatação;**
6. Enchimento do produto final (refrigerante).

2.2.1. Preparação da água com o padrão de qualidade recomendável

A água municipal chega a Fábrica atendendo apenas as especificações de potabilidade estabelecidas pelo regulador de potabilidade disponível para cada País, mas o padrão de qualidade de água exigido para a produção de refresco é regulado pela Coca-Cola Company e cabe a cada Fábrica seguir as normas estabelecidas pela Coca-Cola Company para poder continuar a produzir e engarrafar os seus produtos. A água é submetida a vários estágios de tratamento e purificação desde o tratamento químico com recurso a carbonato de sódio, hipoclorito de cálcio e hidrex 3210, tratamento físico através de filtros de areia e carvão, tratamento ultravioleta para a eliminação de microorganismos resistentes. Depois desse tratamento a água é submetida a teste para certificar a sua qualidade, os testes mais importantes na água são de cloretos, cloro, dureza, feitos com recurso ao espectrofotómetro (Spectroquant NOVA 60) e testes de microbiologia.

2.2.2. Preparação do Xarope Simples

O Xarope simples é feito basicamente de água tratada e açúcar branco refinado com um teor de Humidade admissível de 0,01% e com qualidade de padrão internacional, sendo por isso que o açúcar usado na CCS é fornecido pela TSB Sugar de Malelane da África do Sul. Já houve altura em que uma empresa Moçambicana forneceu açúcar para a CCS Nampula, mas o contrato veio a ser rescindido por causa do grau de qualidade exigido que essa empresa não conseguiu alcançar depois de algum período de fornecimento. O Xarope simples é produzido numa proporção fixa entre açúcar e água tratada para cada sabor de refresco que se desejar produzir. Apesar de a água ser de qualidade e grau de pureza internacional e o açúcar ter o teor de pureza de 99,9% e de qualidade internacional, o Xarope simples depois da sua produção passa por dois filtros e por um

teste de Brix. O Brix é a quantidade de açúcar granulado contido no refrigerante medido em percentagem, o Brix varia de 13 para a Fanta até cerca de 0.03 para a Coca-cola Zero, porque este refrigerante não leva açúcar mas sim adoçante.

2.2.3. Preparação do Xarope Final

O Xarope final é feito pela mistura do Xarope simples e o concentrado composto por parte 1 e parte 2 geralmente, mas podendo ter parte 1A e parte 1B e Parte 2A e parte 2B dependendo do sabor que se pretende produzir. A preparação do Xarope final também obedece uma proporção de mistura para cada sabor, sendo que os conservantes, acidulantes, vitaminas, aromatizantes e essências encontram-se no concentrado. A composição do refresco foi desde a sua invenção um segredo, e apenas poucas pessoas da Coca-Cola Company conhecem a composição química do refresco bem como a sua proporção de mistura. As empresas denominadas engarrafadoras que usam a marca Coca-Cola apenas embalam ou seja engarrafam o produto acabado e seguem os procedimentos de mistura estabelecidos pela Coca-Cola Company para preparar o refresco e fazem os testes para certificar a sua qualidade.

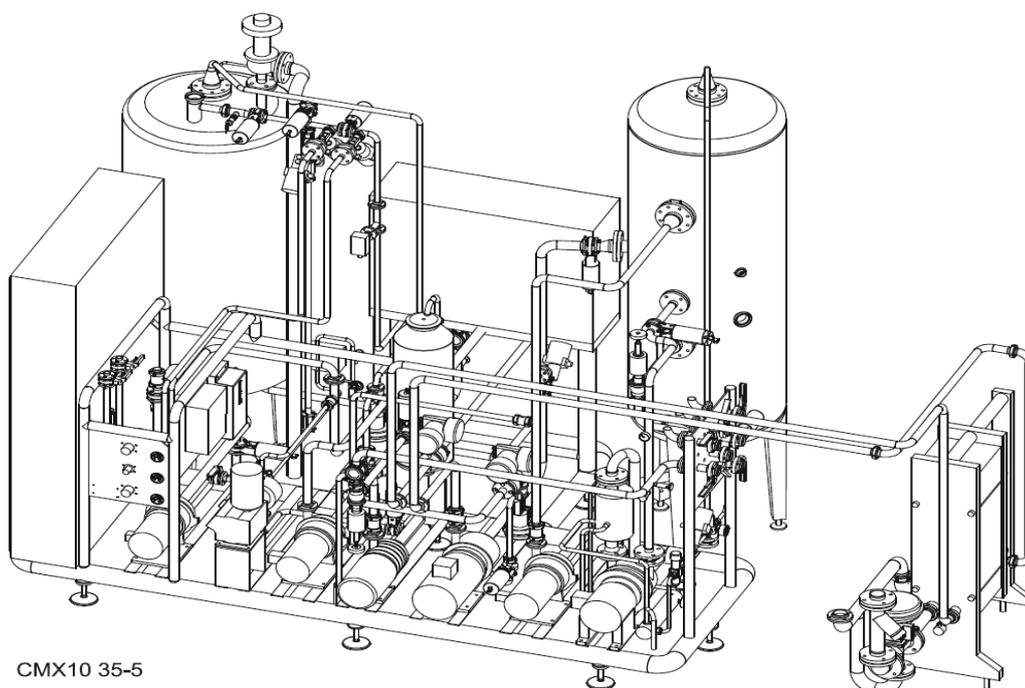


Figura 6: Blender

Fonte: Manual do Utilizador da KHS INNOPRO Paramix CMX, 2001.

A blender (misturadora) INNOPRO CMX Paramix acima ilustrada na figura 6 em uso na Coca-Cola SABCO Nampula foi desenhada para executar as seguintes tarefas:

- Deaeração da água (remoção do ar da água por vácuo)
- Dosagem e mistura da água deaerada e Xarope final
- **Carbonatação** em linha

2.2.4. Deaeração da Água

Água da bebida é normalmente deaerada para evitar a oxidação da bebida acabada e melhorar a absorção de Dióxido de Carbono (KHS, 2001).

O deaerador extrai oxigénio e outras substâncias gasosas para fora do líquido. O sistema utilizado é uma deaeração a vácuo de pulverização única ou dupla de acordo com o teor de oxigénio residual desejada, ou seja, a água da bebida é pulverizada para um reservatório sob forte pressão de vácuo através dos bocais especialmente concebidos. Os gases contidos na água da bebida são aspirados para uma maior extensão possível graças a uma bomba de vácuo. A água sem ar é bombeada para fora do tanque através de uma bomba centrífuga (KHS, 2001). O método de duas fases realiza este processo duas vezes, onde, neste caso, o tanque de deaeração está equipado com duas câmaras, ambos estão sob vácuo (KHS, 2001).

CO₂ adicional pode ser opcionalmente adicionado para alcançar uma maior redução do teor de oxigénio residual por meio da queda na pressão parcial.

2.2.5. Dosagem e mistura da água deaerada com Xarope

Dois ou mais fluxos líquidos são doseados de acordo com uma proporção pré-selecionada. A escolha pode ser feita a partir de uma ampla gama de razões de mistura, uma precisão de dosagem excepcionalmente elevada é alcançada. A quantidade de bebida e a quantidade de Xarope determinado é medido durante o processo de dosagem por medidores de fluxo de indução electromagnética e/ ou medidores de fluxo em massa e um controlador assegura que a relação dos volumes de fluxo permanecem constantes. Os líquidos são misturados numa proporção especialmente concebida, tem bomba centrífuga de múltiplos estágios que é simultaneamente utilizada para aumentar a pressão para a carbonatação. A bebida ainda não carbonatada é esfriada antes da mistura se for necessário. A razão disso é devida a uma temperatura consideravelmente mais elevada do que o produto de 20°C devido às pressões crescentes do sistema necessários

para absorver o Dióxido de Carbono ou manter o nível de carbonatação. A temperatura de enchimento também é decisiva, sob determinadas circunstâncias, a capacidade de saída de enchimento pode ser alcançada apenas a uma determinada temperatura da bebida (KHS, 2001).

O arrefecedor geralmente utilizado é um permutador de calor de placas, localizado entre as instalações de deaeração ou mistura e de carbonatação. Esta localização é vantajosa uma vez que a água e Xarope podem ser esfriadas ao mesmo tempo. O ideal para o efeito da deaeração do ar a vácuo é atingir uma temperatura mais alta possível da bebida. Água gelada, gelo ou glicol de refrigeração são usados como meio de resfriamento. O volume do fluido de arrefecimento é regulado por um controlador de temperatura electrónico para manter a temperatura desejada do produto constante. Se necessário é preciso tomar medidas especiais para temperaturas da bebida abaixo de 2°C ou a temperaturas do glicol abaixo -3°C no fluxo de avanço, tal como a instalação de uma bomba de circulação de glicol para manter de forma fiável o produto do congelamento no refrigerador (KHS, 2001).

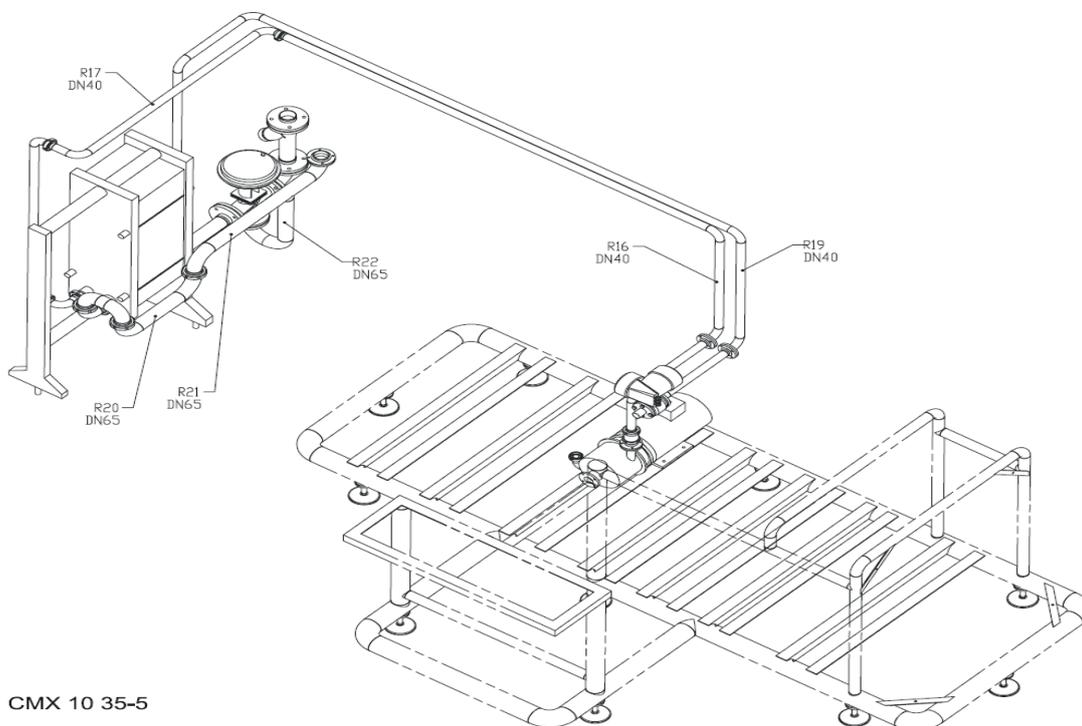


Figura 7: Permutador de calor de placas

Fonte: Manual do Utilizador da KHS INNOPRO Paramix CMX, 2001.

Ao seleccionar e definir a temperatura nominal do controlador, levar em consideração que a temperatura do produto pode aumentar consideravelmente, como é passar por linhas de produtos não isolados, tanques e bombas em seu caminho para o enchimento. Este efeito pode fazer uma diferença de vários graus Celsius, dependendo do tamanho do sistema e a capacidade de saída definida (KHS, 2001).

A blender é constituída de 3 tanques, um tanque de água, um tanque de Xarope e um tanque do produto (mistura de Xarope e água). O tanque da água e do Xarope passam por um processo de deaeração a vácuo para eliminar todo o ar existente, porque durante a carbonatação, caso haja ar no produto o gás não irá se incorporar devidamente no produto. A mistura é feita a partir de um painel de controlo localizado na Blender. Esse painel é manejado pelo operador da Blender, a ordem de mistura é fornecida pelo Laboratório de qualidade que fixa os valores para cada sabor a fim de se produzir o refresco com a qualidade desejada. Depois de se preparar a mistura, uma amostra do produto é retirado para o teste de Brix, depois de se atingir o objectivo em relação ao Brix o produto está pronto para a carbonatação e enchimento (KHS, 2001).

2.2.6. Carbonatação

O Dióxido de Carbono e a bebida são bem misturados em um tubo estreito durante a produção da bebida, o Dióxido de Carbono é permanentemente incorporado durante a carbonatação em um bocal de mistura em linha integrado. Isto acontece a uma pressão constante e no sentido oposto à carbonatação de pulverização em que a pressão do sistema tem de ser constantemente adaptado, para a temperatura da bebida. A pressão de Dióxido de Carbono é constantemente aplicada para o tanque.

O excesso de Dióxido de Carbono não é ventilado a partir do tanque mas em vez disso é devolvido para a linha de Dióxido de Carbono para assegurar a utilização completa do gás. A diferença de pressão necessária para esta finalidade é fornecida pela bomba de carbonatação. A capacidade do tanque é adaptada para a capacidade do sistema e homogeneíza os componentes misturados. O depósito de acumulação também compensa os picos de consumo de enchimento. Um controle de taxa pode, opcionalmente, ser implementado por carbonatação enquanto o fluxo de Dióxido de Carbono é determinado por um medidor de fluxo de massa. Esse controle pode ser expandido por um mecanismo operacional de medição de CO₂ de acordo com o princípio de medição de expansão na bebida acabada (KHS, 2001).

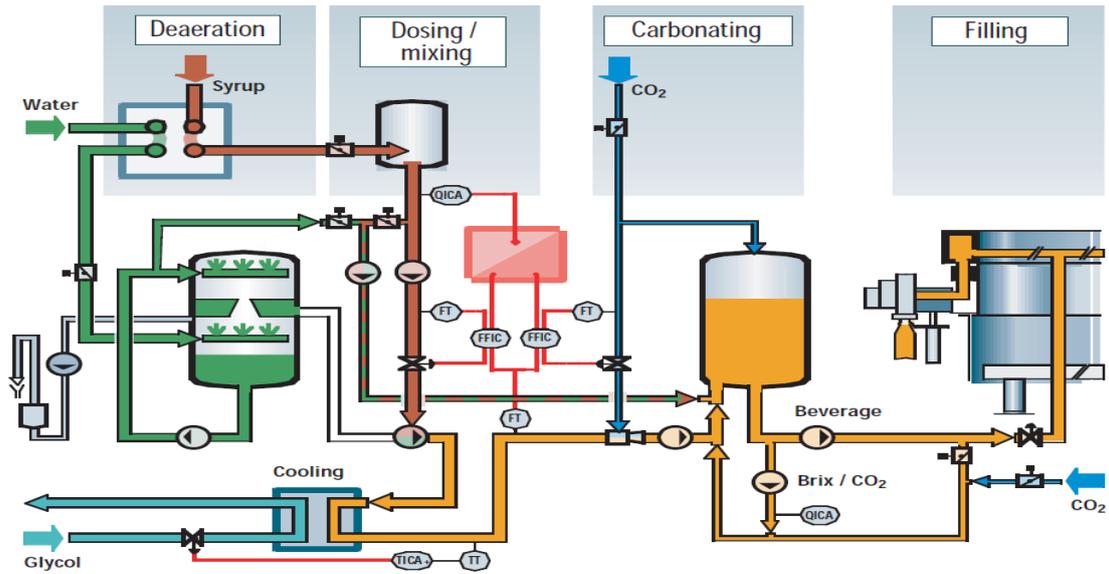


Figura 8: Fluxograma da Blender e Filler

Fonte: Manual do Utilizador KHS INNOPRO Paramix CMX, 2001

Carbonatação é o processo que consiste na incorporação ou solubilização do gás (Dióxido de Carbono) na água e ou no produto. A solubilização do Dióxido de Carbono depende de 3 factores a saber, a pressão parcial do gás, temperatura do produto e a interacção soluto-solvente. A misturadora usada na CCS Nampula faz a carbonatação em linha, conforme ilustrado na figura 8 ou seja, o Dióxido de Carbono é incorporado no produto em contracorrente num tubo estreito por onde passa o produto (a mistura de Xarope final e água). Esse tipo de carbonatação é mais eficiente pois garante que todo o produto que entra no tanque do produto final leva consigo o Dióxido de Carbono. O produto antes de receber o Dióxido de Carbono passa pelo schiller para baixar a sua temperatura para permitir que a solubilização do Dióxido de Carbono seja eficiente. A água antes de ser misturada ao Xarope passa pelo permutador de calor de placas para ser arrefecida, porque a água chega no tanque da água com uma temperatura de cerca de 25°C a 30°C.

2.2.6.1. Factores que condicionam a carbonatação

A carbonatação depende de três factores fundamentais a saber:

1. Interacção soluto-solvente (gás-líquido)
2. Influência da pressão (pressão do gás)
3. Influência da temperatura (temperatura do líquido)

2.2.6.1.1. Interação soluto-solvente

Um factor importante que determina a solubilidade é a interacção entre as moléculas do soluto e do solvente. Quanto mais fortes forem as atracções intermoleculares entre as moléculas do soluto e solvente maior será a solubilidade. Por esta razão temos que moléculas de solutos polares tendem a se dissolver mais facilmente em solventes polares.

Diz-se que uma substância é solúvel em outra quando misturadas, formam um sistema homogéneo. Quando se trata de líquidos eles se dizem miscíveis, no entanto o termo miscível é uma propriedade qualitativa que não expressa a quantidade relativa soluto/solvente (REDEFOR, Módulo 4).

2.2.6.1.2. Influência da pressão

As solubilidades de sólidos e líquidos não são afectadas consideravelmente pela pressão, enquanto, conforme a figura 9, a solubilidade de um gás em qualquer solvente é aumentada a medida que a pressão sobre o solvente aumenta.



Figura 9: Efeito da pressão no processo de solubilização do CO₂

Fonte: Nelson Yonenda

A relação entre a solubilidade de um gás e a pressão é expressa por uma equação simples conhecida como lei de Henry:

$$S_g = K_H \cdot P_g \quad (1)$$

S_g → solubilidade do gás, em quantidade de matéria

K_H → constante de Henry (constante de proporcionalidade)

P_g → pressão parcial do gás sobre a solução

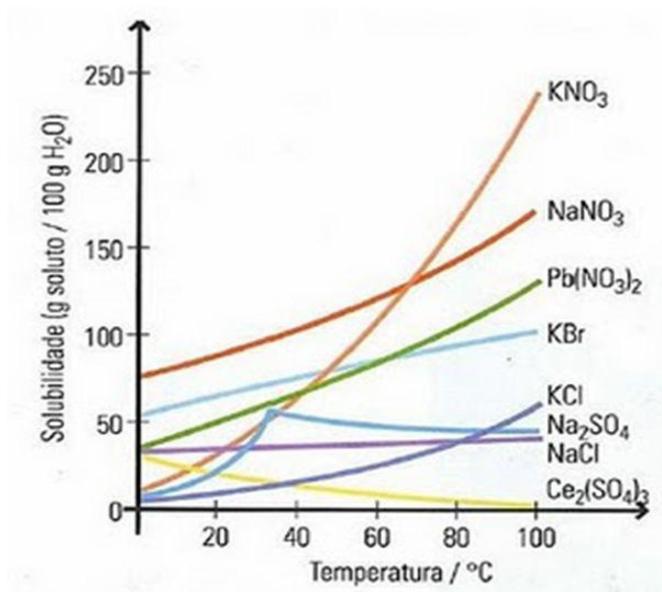
A constante de Henry é diferente para cada par soluto-solvente e varia com a temperatura.

Um exemplo interessante são as bebidas carbonatadas, estas são engarrafadas a pressões superiores a 1 atm, assim aumentando a solubilidade do CO_2 em água. A medida que a garrafa é aberta a solubilidade do gás diminui e o CO_2 é libertado rapidamente (REDEFOR, Módulo 4).

2.2.6.1.3. Influência da temperatura

O gráfico 1 ilustra que a solubilidade da maioria dos solutos sólidos ou líquidos na água aumenta com o aumento da temperatura (REDEFOR, Módulo 4).

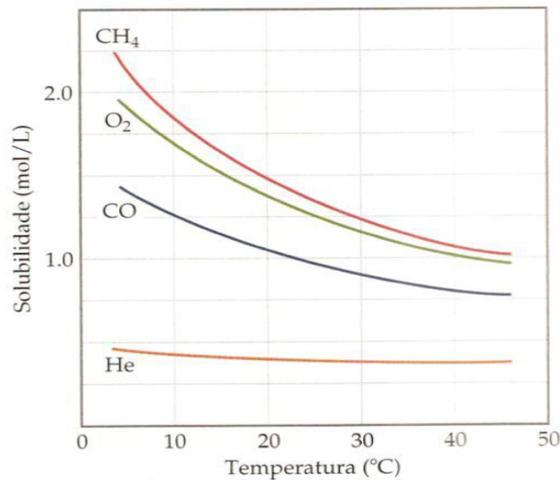
Gráfico 1: Solubilidade de compostos iónicos em água



Fonte: Redefor, Módulo 4

Em contraste, o gráfico 2 ilustra que a solubilidade de gases em água diminui com o aumento de temperatura. Um exemplo é a diminuição da solubilidade de O_2 em lagos devido a poluição térmica (REDEFOR, Módulo 4).

Gráfico 2: Solubilidade dos gases em água



Fonte: Redefor, Módulo 4

2.2.7. Enchimento

Após a mistura e os devidos testes laboratoriais o produto é enviado para a enchedora (filler) para o enchimento nas garrafas. As garrafas são selecionadas ainda nos MDCs (Mobile Distribution Center) de acordo com o sabor em cada caixa e em cada palete. Quando as garrafas chegam a Fábrica são empilhadas de acordo com o sabor, de seguida são enviadas a zona de despaletização e através de transportadoras (Linha) são conduzidas à máquina lavadora de garrafas (Bottler Washer), Essa máquina para a lavagem das garrafas usa Soda cáustica como detergente e essa soda é aquecida com vapor de água que vem da caldeira. As garrafas passam por 4 estágios principais de lavagem que são a pré-lavagem (Pre-rinsing) que serve para preparar a garrafa para as altas temperaturas e evitar o choque térmico e também para eliminar sujidades e partículas solidas, a seguir passam pelos tanques de soda para a lavagem e eliminação de toda sujidade, nesta fase entram também os produtos químicos DIVO LE e DIVO A1 para eliminar os códigos de data, rótulos e mais, depois passam pelo tanque de cloro para sanitização e por fim passam pelo tanque de água para a limpeza total e remoção de cloro, também para reduzir a temperatura que as garrafas trazem dos tanques de soda e desta feita evitar o choque térmico. Todo o processo anterior ocorre na chamada zona seca. A partir da saída das garrafas da lavadora, essa área designa-se zona húmida, é nesta área onde as garrafas passam pela inspeção dos visoristas de garrafas vazias, inspeção mecânica de garrafas vazias (EBI- Empty bottler inspection) e entram na enchedora.

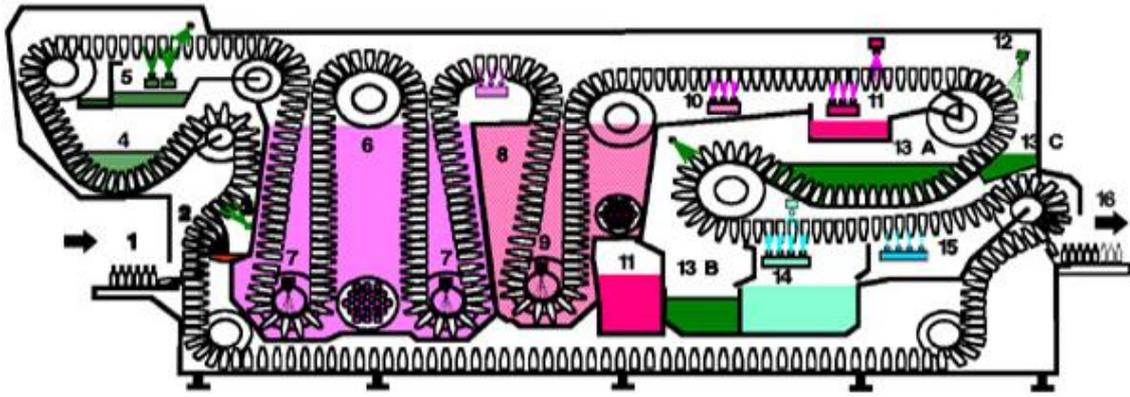


Figura 10: Máquina lavadora de garrafas (bottler washer)

Fonte: Módulo da Lavadora da Coca-cola SABCO

O processo de enchimento compreende os seguintes estágios principais:

- ✓ Entrada das garrafas na máquina de enchimento;
- ✓ Vedação das garrafas dentro da válvula de enchimento;
- ✓ Enchimento do produto;
- ✓ Remoção das garrafas do enchimento;
- ✓ Aplicação da cápsula;
- ✓ Descarga dos refrescos.

A enchedora de garrafas é o coração de toda a linha de produção, porque todos os processos são condicionados por essa máquina. A capacidade de enchimento e a velocidade de enchimento dita as metas de produção. As garrafas chegam na enchedora e são conduzidas por um equipamento alimentador de garrafas (BFE) que tem a função de conduzir as garrafas de forma suave e precisa para as posições de enchimento, e consiste basicamente de um parafuso sem fim, uma roda estrelada de alimentação das garrafas. As garrafas passam por um dispositivo chamado cam (activadores das válvulas de enchimentos para as diferentes funções quanto forem necessárias) que se encontra na posição neutra, após a garrafa ser detectada a cam activa o enchimento da contrapressão na garrafa. A contrapressão é necessária para permitir o enchimento do produto que se encontra a uma pressão superior a 1atm. É importante referenciar que o enchimento do produto é por gravidade e não por pressão. Quando a pressão interna no tanque do produto e a pressão interna da garrafa se igualem começa o enchimento até ao orifício de entrada de ar no bico de enchimento, quando este estágio é atingido o enchimento para conforme ilustra a figura 11.

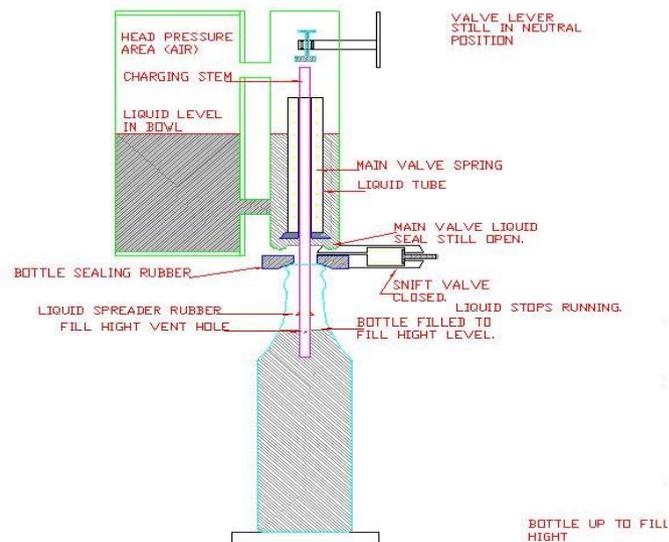


Figura 11: Ilustração do processo de enchimento das garrafas (RGB)

Fonte: Módulo da Enchedora da Coca-cola SABCO

A cam de enchimento fecha e a válvula de snift retira a pressão que ainda existe na parte superior da garrafa e o equipamento alimentador de garrafas (BFE) retira as garrafas cheias da enchedora para a capsuladora onde é aplicada a cápsula.

Depois de se aplicar a cápsula o refresco passa pelo videojet (codificador) onde leva um código que é composto pelo prazo de validade, código da fábrica que produziu, o número da linha de produção, a hora de produção e o turno que produziu.

A partir daqui o refresco passa pelo inspetor de garrafas cheias (FBI) e pelos visoristas de garrafas cheias e após a certificação da sua qualidade pelo laboratório de qualidade, é enviado para a empacotadora e depois ao armazém do produto acabado.

2.3. CIP (Limpeza e sanitização)

O CIP (Clean in Place) também designado limpeza e sanitização é um processo usado para limpeza da tubagem e dos tanques na linha de produção, sala de Xarope entre outros, este processo consiste em fazer circular água, detergente e cloro na linha. CIP na linha de produção é feita sempre que termina o turno e sempre que inicia outro turno ou no caso de mudança de sabor do produto a se produzir. De duas em duas semanas faz se CIP de 6 passos, a cada 48 Horas e depois da manutenção programada é necessário fazer-se CIP de 5 passos e para o caso de mudança de turno ou de sabor faz-se CIP de 3 passos (Veja nos anexos os 3 tipos de CIP feitos na fábrica da Coca-cola).

Capítulo III. Descrição do local do estágio

O estágio teve lugar na Fábrica da Coca-Cola SABCO (Moçambique) Sarl em Nampula, Bairro de Napipine, estrada da barragem, talhão nº 5, caixa postal 101. Essa Fábrica tem uma linha de produção com capacidade para 1500 caixas por hora, tendo a maior enchedora do País com 96 válvulas de enchimento comparado com as outras duas Fábricas localizadas em Maputo, com 3 linhas de produção sendo duas para RGB (garrafas de vidro retornáveis) e uma linha para PET (garrafa plástica de polietileno) e Chimoio produzindo também RGB e PET (para refrescos de 2000ml e água BONAQUA de 500ml e 1500ml).

Esta fábrica está equipada com máquinas da KHS, sendo a linha de produção composta por uma unidade desempacotadora de garrafas para 4 caixas em simultâneo, uma lavadora de garrafas com 33 cestos, Blender (misturadora), Filler (enchedora), e uma empacotadora de garrafas para 4 caixas em simultâneo.

A fábrica é composta por uma estação de tratamento de água proveniente do Município (FIPAG) para atender as especificações da Coca-Cola Company, Uma unidade de produção do Xarope usado na produção de refresco, sendo primeiro preparado um Xarope simples a base de água tratada e açúcar, e Xarope final a base de Xarope simples e concentrado, fornecido pela Coca-Cola Company e que é a essência da bebida, uma unidade de produção composta pelos equipamentos acima citados que constituem uma linha de produção, geralmente chamado apenas por linha, uma unidade de CO₂ composta por um tanque de CO₂ liquefeito fornecido pela MOGÁS, serpentinas e um filtro polidor para filtrar as possíveis impurezas contidas no Gás, um laboratório de controlo de qualidade para toda a matéria-prima fornecida e do produto acabado, um armazém de peças e um armazém de produto acabado, uma oficina de manutenção de carros, geleiras e maquinas da linha de produção, um espaço de armazenamento de garrafas em forma de grades paletizadas para a linha de produção, um bloco de escritório, um banco e uma estação de tratamento de toda a água residual produzida. A produção do refresco inicia na estação de tratamento de água, onde os padrões internacionais de qualidade de água e especificações da Coca-Cola Company deve ser obedecidas, a água fornecida pela FIPAG chega a fábrica com certas impurezas que devem ser eliminadas, tais como dureza, cloretos (sais) e microorganismos no geral. A água é submetida a vários tratamentos com produtos químicos tais como carbonato de

sódio, hipoclorito de sódio e hidrex 3210, depois a água passa por filtros de areia, filtros de carvão, e por fim por um tratamento com luzes ultravioletas para eliminar os microorganismos que possam ter escapado dos filtros. Essa água é analisada no laboratório antes de ser usada na linha de produção.

A preparação do Xarope simples na base de açúcar e água tem lugar depois de se certificar a pureza do açúcar e a qualidade da água, atendendo as especificações estabelecidas, o açúcar usado é de origem Sul-africana, da TSB Sugar em Malelane, esse Xarope simples depois de produzido é filtrado e de seguida são adicionados os concentrados da bebida desejada, que constituem a essência da bebida.

O refresco é feito a partir da mistura da água, Xarope e CO₂ com um grau de pureza de 99,9%.

3.1. Parte Experimental

A parte experimental composta por ensaios tecnológicos e ensaios laboratoriais, onde fez-se o estudo do comportamento e da acurácia dos dois instrumentos de controlo do consumo de CO₂ (Flowmeter e Manómetro) e nos ensaios laboratoriais realizou-se os testes de sabor, cheiro e pureza de CO₂. Esses ensaios são a seguir descritos e apresentados os seus resultados.

3.1.1. Ensaios Laboratoriais

O Dióxido de Carbono antes de ser descarregado na Fábrica passa por vários testes a fim de se certificar a sua pureza. A pureza exigida do CO₂ é de cerca de 99.9%, quando CO₂ chega só é recebido após se receber o certificado de qualidade, e na fábrica é feito o teste de pureza, sabor e cheiro.

Outro teste para a certificação da qualidade de CO₂ veja nos anexo (Anexos 4 e 5).

3.1.1.1. Teste de Pureza

Tabela 2: Material e reagentes para teste da pureza

Material e equipamentos	Reagentes
Zahm e Nagel Séries 10000	Hidróxido de Sódio a 30%
Provetas graduadas	Dióxido de Carbono
Copos Becker	Água destilada
Botija de teste de CO ₂	

Nota: É necessário usar todo o equipamento exigido para segurança pessoal

Os procedimentos foram os seguintes:

Preparou-se uma solução de hidróxido de sódio a 30%;

Abriu-se as torneiras e encheu-se de água os reservatórios do Zahm e evitou-se deixar bolhas de ar;

Encheu-se completamente o aparelho;

Conectou-se o tubo de recolha à válvula do ponto de amostragem da fonte e gentilmente abriu-se a válvula que é para o CO₂ remover o ar e outras impurezas do tubo;

Abriu-se a torneira mediana do Zahm;

Abriu-se a torneira de saída do Zahm e rapidamente ligou-se ao tubo de recolha, sem interromper-se o CO₂ que estava soprando, que era para forçar a água a sair até ao reservatório (parte de cima);

Depois de o CO₂ ter retirado toda água (em baixo), esperou-se um pouco mais de 30 segundos;

Fechou-se a torneira de saída (parte final) do Zahm e depois a válvula da fonte (ligada ao tubo de recolha) seguida da torneira mediana;

Desconectou-se o tubo de recolha;

Despejou-se a água do reservatório do Zahm e encheu-se com a solução de soda até à linha marcada:

Abriu-se só a torneira mediana e deixou-se a soda descer até formar uma bolha constante na parte de baixo (do corpo) e agitou-se para maior absorção;

Fechou-se a válvula mediana e virou-se o Zahm na posição contrária (reservatório em baixo e o resto do corpo verticalmente);

Esperou-se que a bolha formada subisse e se equilibre e depois faz-se a leitura.

Nota: O valor mínimo da pureza do CO₂ é 99.9 %.

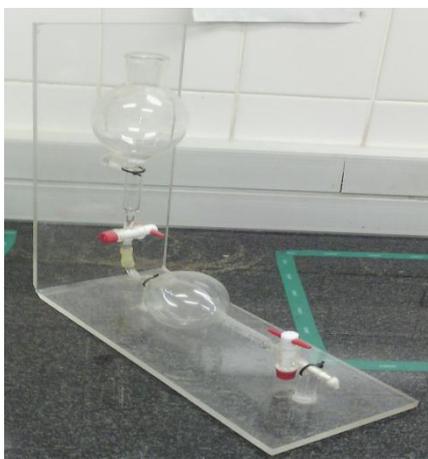


Figura 12: Zahm e Nagel séries 10000

Fonte: Laboratório da CCS

3.1.1.2. Teste de Sabor e cheiro

Tabela 3: material e reagentes para teste de sabor e cheiro

Material	Reagentes
Copo Becker de 50ml e 100ml	Ácido Cítrico
Proveta graduada	Água Destilada
Água tratada	Sacarose
Balança analítica	Espátula

Os procedimentos Foram os seguintes:

Para a preparação de 100 ml de solução do ácido cítrico

Pesou-se 6.09 g de ácido cítrico;

Dissolveu-se num balão volumétrico de 100 ml e perfazer o volume com água destilada e agitar.

Para a preparação de 400 ml de solução de sacarose:

Pesou-se 20 g de sacarose e dissolveu-se em 400 ml de água destilada;

Colocou-se na mesma solução 15 – 16 ml da solução de ácido cítrico anteriormente preparada e dividiu-se em dois (2) tubos com 50 ml para cada um. Num colocou-se o CO₂ e faz-se o teste de sabor em ambos e comparou-se os resultados.

Capítulo IV. Resultados, sua análise e discussão.

4.1. Resultados dos ensaios laboratoriais

Os ensaios laboratoriais na Coca-Cola SABCO apresentam dois tipos de resultados. O teste de pureza apresenta resultados quantitativos que são exigidos o mínimo de 99,9% caso a pureza esteja abaixo desse valor, não se recebe o CO₂ e o teste de sabor e pureza apresenta resultados qualitativos e são feitos por técnicos treinados para esse fim. A tabela 4 apresenta a média de três réplicas dos resultados obtidos nos testes realizados nas datas de recepção de CO₂.

Tabela 4: Resultados dos testes de pureza, sabor e cheiro de CO₂

Data de realização dos testes	Resultado do teste de Pureza	Resultado do teste de cheiro	Resultado do teste de sabor
27 de Dezembro, 2013	99,99%	Normal	Bom
06 de Janeiro, 2014	99,99%	Normal	Bom
27 de Janeiro, 2014	99,99%	Normal	Bom

4.2. Resultados dos ensaios tecnológicos

O consumo do gás carbônico na fábrica foi monitorado com base em 2 instrumentos conforme ilustra a tabela 5. O Flowmeter e o Manómetro, formam monitorados durante 2 meses, a partir de 27 de Dezembro de 2013 até 5 de Fevereiro de 2014.

Tabela 5: Dados de consumo de CO₂ no Manómetro e no Flowmeter

Date	Time	Flowmeter	Diference	Manometer	Difference
27-Dec-13	10:23	105,839.1Kg		11,900.0Kg	
27-Dec-13	11:32	105,857.1Kg	18.0Kg	11,900.0Kg	0.0Kg
27-Dec-13	13:04	105,858.8Kg	1.7Kg	11,900.0Kg	0.0Kg
27-Dec-13	13:51	105,893.1Kg	34.3Kg	11,800.0Kg	100.0Kg
27-Dec-13	15:20	105,922.3Kg	29.2Kg	11,800.0Kg	0.0Kg
27-Dec-13	16:20	105,950.6Kg	28.3Kg	11,800.0Kg	0.0Kg
30-Dec-13	8:20	106,734.6Kg	784.0Kg	10,500.0Kg	1,300.0Kg
30-Dec-13	9:15	106,744.4Kg	9.8Kg	10,500.0Kg	0.0Kg
30-Dec-13	16:04	106,859.1Kg	114.7Kg	10,400.0Kg	100.0Kg

31-Dec-13	9:02	107,200.7Kg	341.6Kg	9,800.0Kg	600.0Kg
31-Dec-13	13:02	107,317.8Kg	117.1Kg	9,700.0Kg	100.0Kg
31-Dec-13	15:17	107,335.6Kg	17.8Kg	9,600.0Kg	100.0Kg
31-Dec-13	16:29	107,347.4Kg	11.8Kg	9,600.0Kg	0.0Kg
6-Jan-14	8:21	108,741.1Kg	1,393.7Kg	7,200.0Kg	2,400.0Kg
6-Jan-14	9:40	108,782.4Kg	41.3Kg	7,200.0Kg	0.0Kg
6-Jan-14	New lote of CO ₂ received 6 January 2014				550.0Kg
7-Jan-14		115,026.1Kg	6,243.7Kg		1,150.0Kg
8-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		750.0Kg
9-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		750.0Kg
10-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		1,460.0Kg
11-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		600.0Kg
13-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		450.0Kg
14-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		550.0Kg
15-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		500.0Kg
16-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		800.0Kg
17-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		700.0Kg
18-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		400.0Kg
20-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		1,400.0Kg
21-Jan-14		115,026.1Kg	0.0Kg		1,200.0Kg
22-Jan-14	9:23	115,026.1Kg	6,243.7Kg	11,400.0Kg	1,100.0Kg
23-Jan-14	16:14	115,286.1Kg	260.0Kg	10,900.0Kg	500.0Kg
23-Jan-14	8:56	115,697.0Kg	410.9Kg	10,100.0Kg	800.0Kg
23-Jan-14	14:14	115,876.1Kg	179.1Kg	9,800.0Kg	300.0Kg
24-Jan-14	17:08	115,970.9Kg	94.8Kg	9,600.0Kg	200.0Kg
24-Jan-14	8:21	116,364.8Kg	393.9Kg	8,900.0Kg	700.0Kg
24-Jan-14	13:30	116,510.0Kg	145.2Kg	8,800.0Kg	100.0Kg
27-Jan-14	15:56	116,563.8Kg	53.8Kg	8,600.0Kg	200.0Kg
27-Jan-14	8:59	116,925.80Kg	362.0Kg	8,000.00 Kg	600.00 Kg
27-Jan-14	14:30	116,989.80Kg	64.0Kg		
New lote of CO₂ received on 27 january 2014					
27-Jan-14	15:03			23,200.00 Kg	

28-Jan-14	10:34	117,456.40Kg	466.60 Kg	22,700.00 Kg	500.00 Kg
29-Jan-14	9:24	118,075.00Kg	618.60 Kg	21,600.00 Kg	1,100.00 Kg
29-Jan-14	15:04	118,231.90Kg	156.90 Kg	21,550.00 Kg	50.00 Kg
4-Feb-14	13:42	119,855.10Kg	1,623.20 Kg	19,050.00 Kg	2,500.00 Kg
4-Feb-14	15:21	119,927.60Kg	72.50 Kg	19,050.00 Kg	0.00 Kg
5-Feb-14	12:00	120,403.20Kg	475.60 Kg	18,200.00 Kg	850.00 Kg
5-Feb-14	15:28	120,447.00Kg	43.80 Kg	18,100.00 Kg	100.00 Kg

Sum		20,851.60Kg		25,560.0Kg	
Difference between Flowmeter and Manometer				4,708.40	

4.3. Tratamento estatístico dos resultados dos ensaios tecnológicos

Para os dados abaixo apresentados, foram determinadas medidas de tendência central e de dispersão seguintes:

A **média aritmética** de um conjunto de dados é a soma de todos valores e divididos pelo número desses valores (Torezani, 2004).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

Amplitude Total é a diferença entre o maior e o menor valor (Matos e Muxlhanga, 2012).

$$R = x_{(n)} - x_{(1)} \quad (3)$$

Coefficiente de variação é dada ou definida como a razão entre o desvio padrão e a média, isto é:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (4)$$

As medidas de dispersão mais usadas são: **a variância e o desvio padrão**. Devem ser usadas quando a medida de tendência central usada for a média, pois elas medem a dispersão em relação à média, como *centro da distribuição* (Matos e Muxlhanga, 2012). A **variância** é a média dos quadrados dos desvios das observações em relação à média.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (5)$$

Desvio Padrão é dado pela raiz quadrada da variância. Deste modo, para o cálculo do desvio padrão, deve-se levar em consideração a natureza dos dados. É a medida de dispersão mais utilizada para a descrição de dados, juntamente com a média aritmética (Matos e Muxlhanga, 2012).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \mu^2} \quad (6) \text{ ou} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} - \frac{n\bar{x}^2}{n-1}} \quad (7)$$

Durante a produção fez-se a observação dos dois instrumentos no mínimo três vezes por dia, no início da produção, no meio da produção e no fim do turno de produção. Durante esse período foi-se observando que entre os dois instrumentos havia uma diferença de consumo do gás, o manómetro apresentava consumos superiores ao Flowmeter. Devido a essa observação procurou-se a diferença de consumo entre os dois instrumentos e para tal fez-se a soma dos consumos diários do gás, a seguir apresentados na tabela de consumo de gás por dia de produção.

Tabela 6: Consumo de gás carbónico por dia de produção

Date	Manomet er	Flowmet er	Differen ce	%
27-12-13	100.00	111.50	11.50	0.12
30-12-13	1400.00	908.50	491.50	0.35
31-12-13	800.00	488.30	311.70	0.39
06-01-14	2400.00	1435.00	965.00	0.40
23-01-14	1600.00	850.00	750.00	0.47
24-01-14	1000.00	633.90	366.10	0.37
27-01-14	800.00	479.80	320.20	0.40
28-01-14	500.00	466.60	33.40	0.07
29-01-14	1150.00	775.50	374.50	0.33
04-02-14	2500.00	1695.70	804.30	0.32

Average (μ)	1225.00	784.48	0.32
Stand dev (s)	773.6099	474.9771	0.13
C.Variacao (C.V)	0.631518	0.605467	

Notavelmente é possível constatar-se que os valores das diferenças percentuais de consumo de gás carbónico entre o Manómetro e o Flowmeter alguns estão muito afastados da média, sendo a média uma medida de tendência central, houve a necessidade de estabelecer limites de controlo dos dados recorrendo-se a dois testes a saber:

4.3.1. Intervalo de confiança para a média populacional

Com o desvio padrão (σ) conhecido (z)

Como:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim \mathcal{N}(0, 1), \quad (8)$$

Podemos determinar, pela tabela da distribuição normal padrão, o número $z_{\frac{\alpha}{2}}$ tal que $P(Z > z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$, e portanto:

$$P \left[-z_{\frac{\alpha}{2}} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq z_{\frac{\alpha}{2}} \right] = 1 - \alpha \quad (9)$$

Ou seja:

$$P \left[\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] = 1 - \alpha. \quad (10)$$

Determinamos L_1 como limite inferior e L_2 como limite superior pelas fórmulas:

$$\begin{aligned} L_1 &= \bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ L_2 &= \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{aligned} \quad (11)$$

Sejam dados:

$\mu=0,32$ (média)

$\sigma=0.13$ (desvio padrão)

$n=10$ (número de amostras)

$\alpha=95\%$ (nível de confiança de 95%)

$z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$ (veja tabela z em anexo)

Substituindo os dados nas fórmulas acima mencionadas para o cálculo dos limites superior e inferior teremos:

$L_1=0.24$

$L_2=0.40$

Com desvio padrão (s) desconhecido

Como:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} \sim t_{n-1} \quad (12)$$

Podemos determinar, pela tabela de distribuição t-student com n-1, o número $t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)}$ tal que $P(T > t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)}) = \frac{\alpha}{2}$, e portanto:

$$P \left[-t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} \leq t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \right] = 1 - \alpha. \quad (13)$$

Ou seja:

$$P \left[\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \right] = 1 - \alpha. \quad (14)$$

Portanto o intervalo:

$$\left(\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (15)$$

É um intervalo de confiança para média (μ) com coeficiente de confiança $(1-\alpha)$.

Pela analogia, determinamos L_1 limite inferior e L_2 o limite superior, pelas fórmulas abaixo:

$$L_1 = \bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (16) \quad \text{e} \quad L_2 = \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (17)$$

Sendo dados:

$$\mu = 0,32$$

$$\sigma = 0,13$$

$$n = 10$$

$$\alpha = 95\% \text{ (nível de confiança de 95\%)}$$

$$t_{0,025;9} = 2,262 \text{ (veja tabela t-student em anexo)}$$

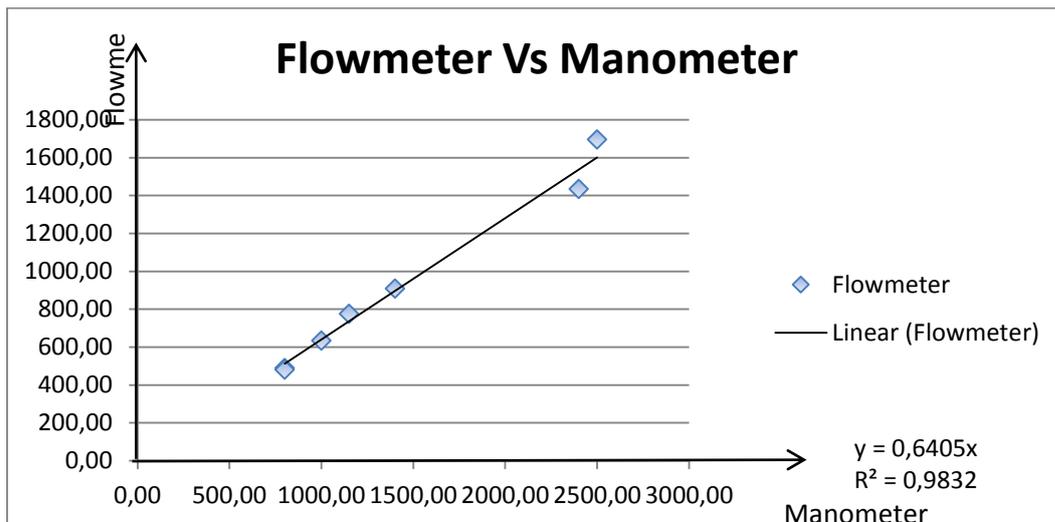
Substituindo os dados nas fórmulas acima mencionadas para o cálculo dos limites superior e inferior teremos:

$$L_1 = 0,23$$

$$L_2 = 0,41$$

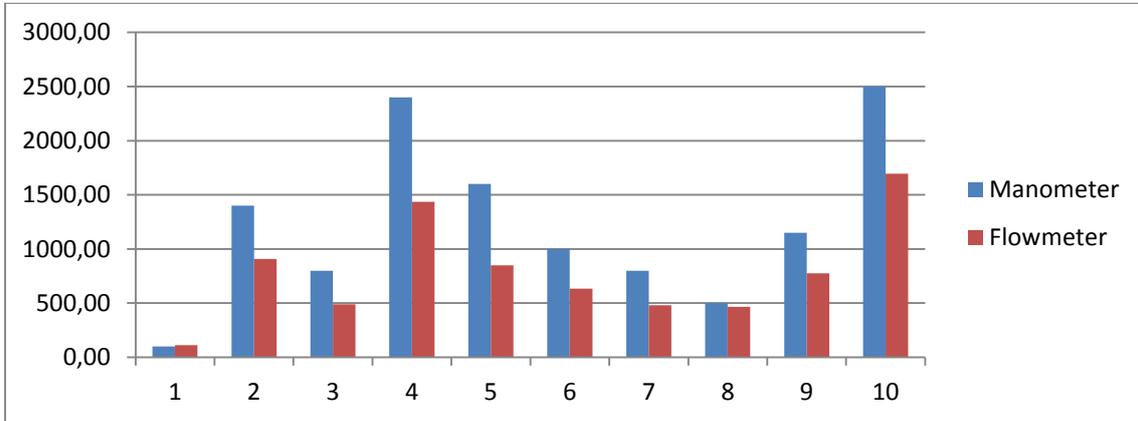
Os dois testes estabelecem limites que permitiram eliminar 3 valores duvidosos na tabela de controlo de consumo de gás carbónico por dia, esses valores apresentam-se destacados a vermelho (0.12, 0.47 e 0.07). Desta forma calculou-se a nova média (0,37) e elaborou-se o gráfico 3 que relaciona os dois instrumentos e também determinou-se o coeficiente de correlação entre os dois instrumentos.

Gráfico 3: Medição relativa de consumo de CO₂ entre o Manómetro e o Flowmeter



Graficamente, ter um coeficiente de correlação de cerca de 0,98 significa que a medição relativa de consumo de CO₂ entre os dois instrumentos é muito boa, ou seja a variação de um instrumento significa a variação do outro, quase na mesma proporção.

Gráfico 4: Comparação dos consumos de CO₂ entre Manómetro e Flowmeter



Analisando o fluxograma do gás carbónico e fazendo face a este através do seguimento da tubagem desde o tanque do CO₂ até a linha de produção, acima descrito na apresentação do fluxo do gás desde o tanque até ao ponto de uso, constatou-se que para além de a tubagem ir directamente do tanque de CO₂ até a linha de produção, há um desvio para a sala de Xarope e esse CO₂ é usado para secar a tubagem durante o processo de limpeza e sanitização (CIP) e para activar o Xarope, e esse gás carbónico aqui desviado não é contabilizado ou seja não entra no cálculo do rendimento de CO₂, apenas calcula-se o rendimento através da quantidade de produção em caixas de refrescos por dia e ou por turno de produção.

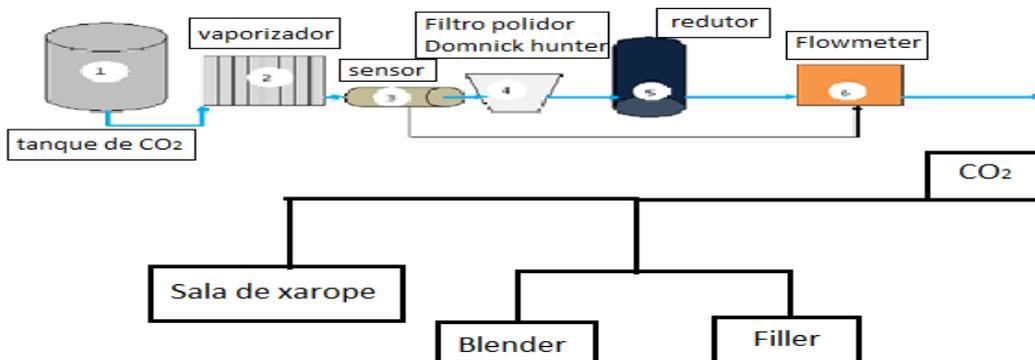


Figura 13: Fluxograma do CO₂ a partir do tanque até ao ponto de uso

Fonte: Autoelaborado

4.4. Os resultados de cálculos do RDC na Fábrica de Nampula em comparação com a Fábrica da Matola

O RDC na Coca-Cola SABCO é calculado segundo o número de caixas de refrescos produzidos e pelo sabor, pois há diferença de volume de gás em cada sabor produzido.

A fórmula para esse cálculo é composta pelo volume de refrescos em litros produzido, multiplicado pelo volume de gás em cada garrafa, multiplicado pela densidade e dividido por mil.

$$m(Kg) = \frac{V(l \text{ de bebida}) \times V(\text{gás na garrafa}) \times 1.98 \text{Kg/m}^3}{1000}$$

Tabela 7: Cálculo do RDC

2013 Monthly Ingredients Yields Calculations - November							
PRODUCTS	NET PRODUCTION				CARBON DIOXIDE (CO ₂) USAGE		
	Physical Cases	# Packs per case	Package Size (L)	Net Production (Liters of Bev.)	Co ₂ Used for Net Production	Actual CO ₂ Used	% CO ₂ Yields
COKE	97146	24	0.3	699,451	5,193	10,280	50.52%
COKE LIGHT	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
FANTA ORANGE	69106	24	0.3	497,563	2,463	4,870	50.57%
FANTA GRAPE	5467	24	0.3	39,362	195	400	48.71%
FANTA PINEAPPLE	12987	24	0.3	93,506	555	1,100	50.49%
SCHWEPES GRANADILLA TWIST	0	24	0.3	0	0	0	#DIV/0!
SCHWEPES LEMON TWIST	6578	24	0.3	47,362	281	550	51.15%
SCHWEPES SODA WATER	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
SCHWEPES TONIC WATER	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!
SPARLETTA MORANGO	10298	24	0.3	74,146	367	650	56.46%
SPRITE	19622	24	0.3	141,278	1,035	2,080	49.76%
Totals	221,204	0	0	1,592,669	10,090	19,930	50.63%

Fonte: Base de dados da Coca-cola SABCO

Com o exemplo da tabela 7, faz-se o cálculo do RDC no sistema (SAP), esse sistema calcula o rendimento através dos objectivos estabelecidos pela Coca-Cola Company o que também constitui uma ligeira diferença de cerca de 5% pois apesar da Coca-Cola Company estabelecer esses objectivos, cada fábrica ajusta os objectivos segundo as condições climáticas ou outros factores. Neste caso a Coca-Cola SABCO Nampula para alguns sabores, enche com um volume de gás ligeiramente superior em relação aos objectivos da Coca-Cola Company. Os sabores que sofreram essas alterações de volume de gás são a Coca-Cola (3.75 – 3.90), Sprite (3.70 – 3.90) entre outros.

Gráfico 5: Os valores de RDC na Fábrica de Nampula desde Janeiro de 2013 a Abril de 2014.

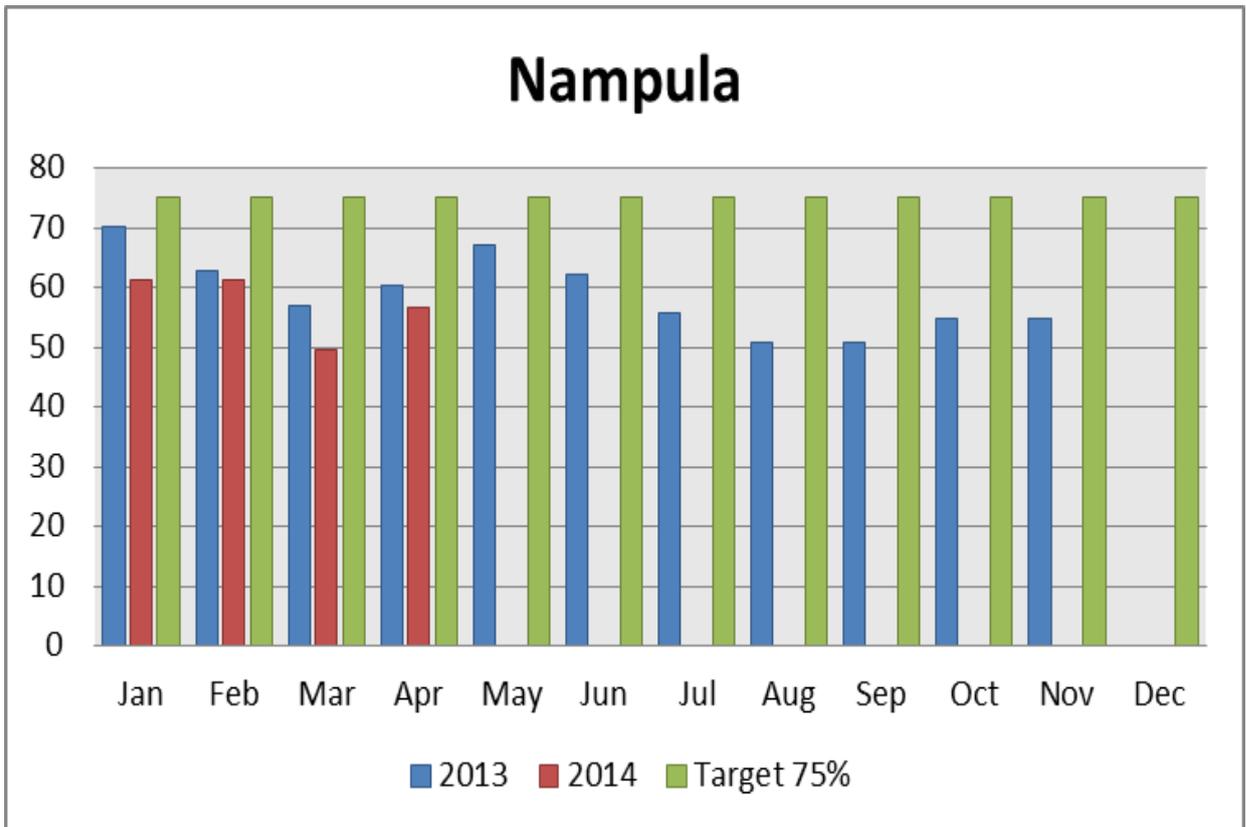
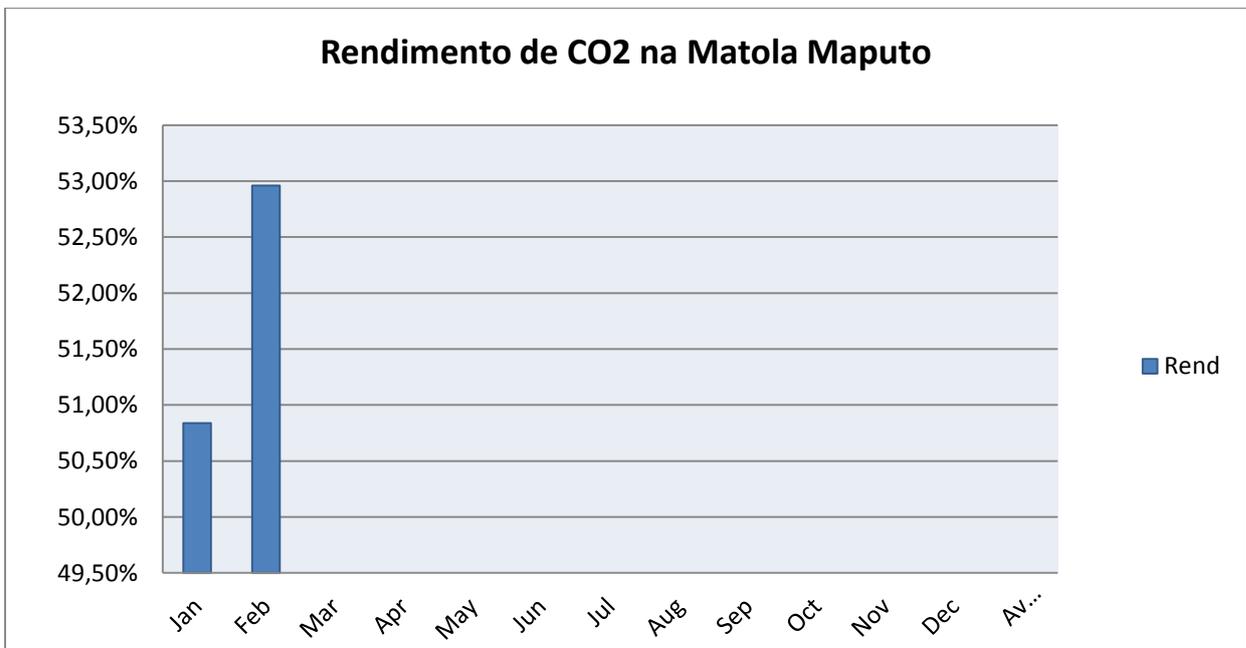
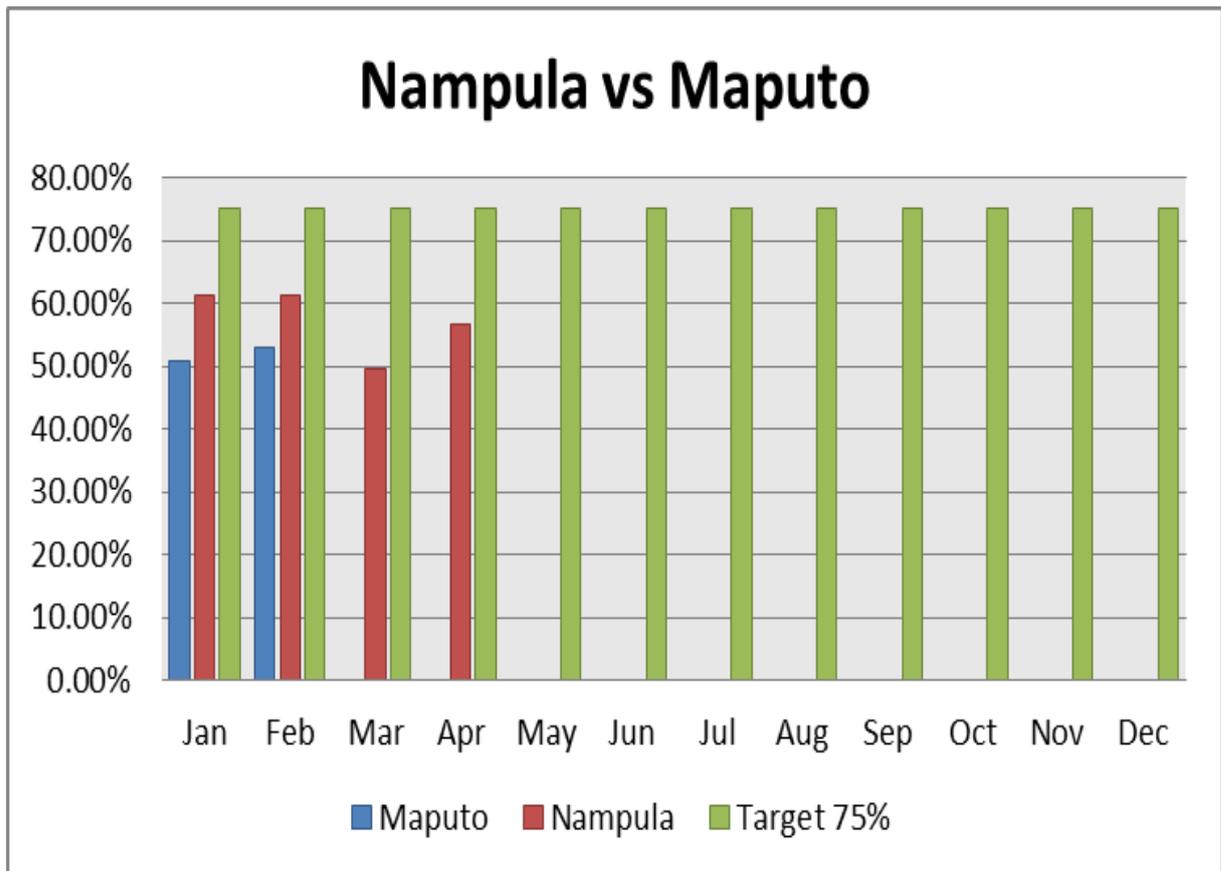


Gráfico 6: Rendimentos de CO₂ na Fábrica da Matola em Maputo



Fonte: Base de dados da Fábrica da Matola em Maputo

Gráfico 7: Comparação do rendimento de CO₂ na Fábrica da Matola e Nampula 2014

O estudo comparativo mostra que Nampula em relação a Maputo tem um bom rendimento, mas as duas fábricas estão abaixo de 75% que é o objectivo estabelecido pela Coca-cola Company.

Capítulo V. Conclusões e recomendações.

5.1. Conclusões

No trabalho foi feito o estudo das possibilidades do melhoramento do rendimento do Dióxido de Carbono na fábrica:

1. Realizou-se o estudo do processo de produção do refresco na Coca-Cola SABCO;
2. Foram descritos os seguintes factores que condicionam a solubilização do Dióxido de Carbono no refrigerante: Interação Soluta-solvente, Influência de Pressão parcial do gás (Lei de Henry) e Influência da Temperatura dos líquidos. Analisando estes factores concluiu-se que investindo em permutadores de calor que possibilitem obter temperaturas cada vez mais baixas do produto pode-se reduzir o consumo de gás pois com a mesma pressão já aplicada no produto, o CO₂ quanto mais baixa for a temperatura, mais solúvel é em água e no produto;
3. Nos ensaios laboratoriais realizados, os testes de pureza apresentaram bons resultados com uma média de cerca de 99,99% em três réplicas por cada ensaio, e os testes de cheiro e sabor apresentaram também bons resultados, também com três réplicas por cada ensaio;
4. Compararam-se os valores de rendimento nas outras Fábricas de Coca-Cola SABCO do País: Fábrica da Matola em Maputo e Fábrica de Nampula, este estudo comparativo mostrou que Nampula em relação a Maputo tem um bom rendimento, mas as duas fábricas estão abaixo de 75% que é o objectivo estabelecido pela Coca-Cola Company. A média de rendimento na Fábrica de Maputo entre Janeiro e Fevereiro de 2014 foi de 51.9% e a média de rendimento de CO₂ na Fábrica de Nampula em 2013 foi de 58.8% e até Abril de 2014 a média foi de 57.4%;
5. Foi feito o tratamento estatístico dos resultados; Desse monitoramento foi possível determinar que há 37% do consumo do gás no Manómetro em relação ao Flowmeter. A causa desta diferença pode ter os seguintes significados distintos a saber:

Calibração dos instrumentos, essa conclusão deve-se ao facto de não se observar nenhuma fuga de gás na tubagem entre o tanque onde se encontra o Manómetro e o local onde se encontra o sensor de gás, que transmite o fluxo de gás até ao flowmeter;

Erro de um dos instrumentos, quer seja o Manómetro (propriedade da MOGÁS) quer seja o Flowmeter (propriedade da Coca-Cola), visto que o manómetro é

manual, não apresentando a precisão nem o erro instrumental inclusive a marca do fabricante, mas por outro lado o flowmeter usa um sistema de sensores e faz o cálculo da massa através desse sistema de sensores que pode provavelmente não estar bem ajustado, pois o mesmo acontece na fábrica da Coca-Cola da Matola em Maputo, que tem rendimentos praticamente semelhantes;

6. Para aumentar o volume de gás no refresco e reduzir o desperdício do Dióxido de Carbono na Fábrica deve se verificar a tubagem que leva o CO₂ para a sala de Xarope que não está na planta original do CO₂ e que pode estar também na origem desse baixo rendimento;
7. Devido aos problemas que têm ocorrido na misturadora (Blender) nos Meses de Abril e Maio, os técnicos da KHS (fornecedores das máquinas em uso nessa Fábrica) constataram que os filtros de CO₂ encontravam-se sujos impedindo um fluxo correcto de CO₂ e também, durante a produção, sempre que há uma paragem na enchedora superior a 10 minutos há sempre uma queda de CO₂ no produto que se encontrar na enchedora, o que prova haver fugas nesse compartimento.

5.2. Recomendações

Para aumentar o rendimento de CO₂ recomenda-se fazer as seguintes acções correctivas:

1. Rever a tubagem de CO₂ em particular a tubagem que vai a sala de Xaropes e que é usado para limpeza e sanitização (CIP) e passar a contabilizar no rendimento do CO₂ de modo a justificar o seu uso e melhorar a eficiência;
2. Mudar ou fazer manutenção dos filtros de CO₂ em toda a linha de produção, principalmente na Blender (misturadora), filler (enchedora) e na sala de Xarope;
3. Aumentar os permutadores de calor de placas e schillers pois a medida que mais baixa estiver a temperatura da água ou do produto melhor é a solubilização do gás sem aumentar a pressão do gás, visto que quando se usava um permutador de calor de placas o produto era enchido a temperaturas acima de 15°C o que obrigava aos operadores técnicos em recomendação da do laboratório de qualidade usar parâmetros elevados para o gás carbónico na misturadora de modo a compensar a fraca solubilização do gás, para atender aos limites de volume de gás no produto estabelecidos pela Coca-Cola Company;

4. Calibrar ou substituir os instrumentos de leitura de CO₂ de modo a terem os mesmos valores de leitura de consumo de gás ou que a diferença de consumo seja reduzida para 0% a 5% no máximo.

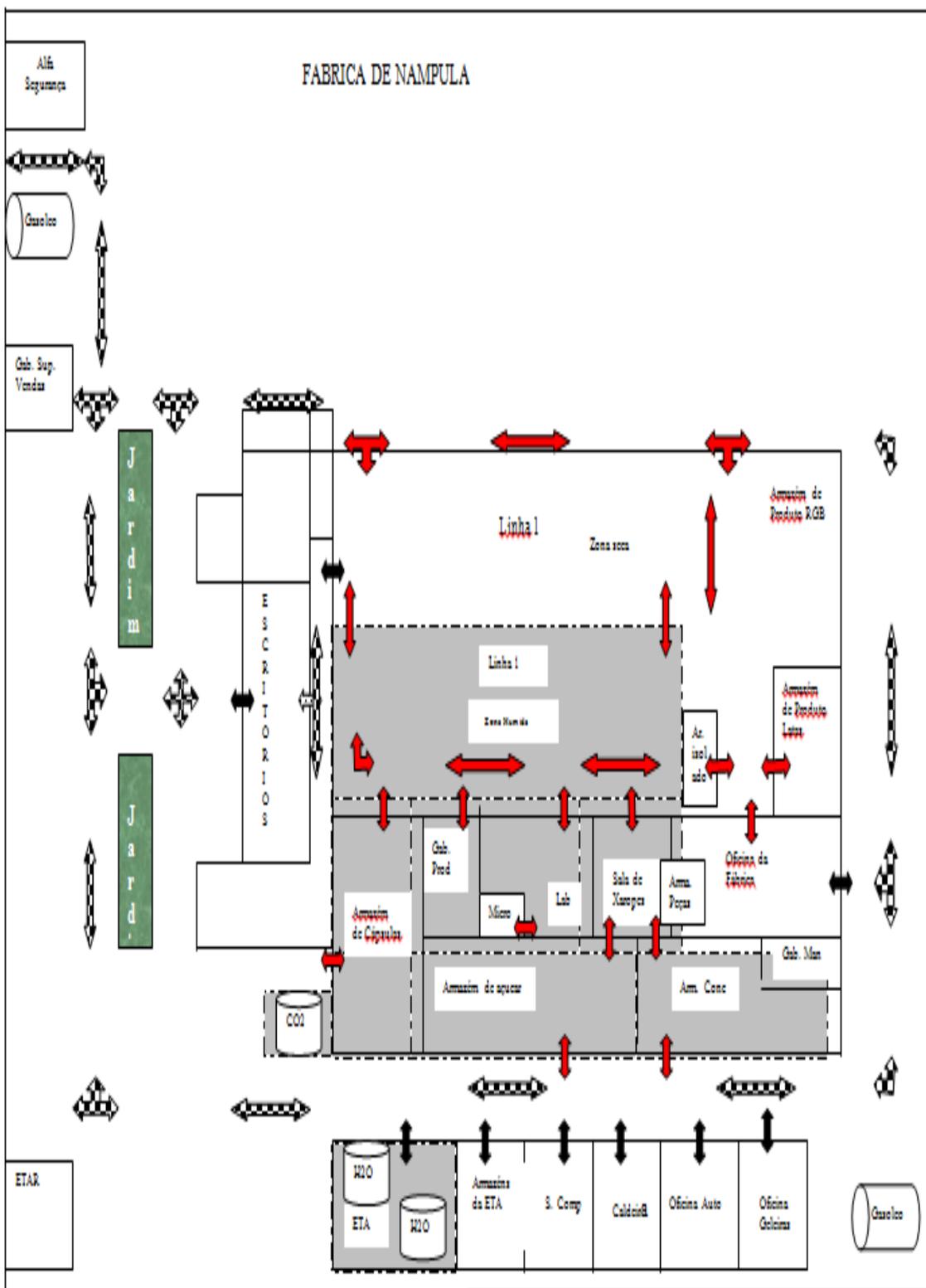
Bibliografia

1. Ball D.W. (2005). Físico-químico. Cleveland University. Volume 1. pp 1 – 20.
2. Dos Santos D, Selemene M. e Serra L. (2011). Módulo de processos. Planta de CO₂.CCS
3. EIGA. (2008). Refrigerated CO₂ Storage AT users Premises. IGC doc 66/08/E Revision IGC doc 66/99/E. European Industries Gases Association AISBL. Revised by the members of Ad Hoc Group 8.1. L. De Lorenzi, F.Hoefs, D.Hopper, K.Krinninger, E Leren, P.Matheoud, H.Puype, R.Sibina and S.Speelmans. disponível em <http://www.eiga.eu>
4. Freitas C.C, Rennó C.D e Júnior M.A.S. (2003). Instituto Nacional de pesquisas Especiais. Manual de Referência para o curso 1 de Estatística. São José dos Campos.
5. Gilbert Castellan. (2003). Fundamentos de Físico-química. LTC Editora. pp 8-29
6. Greenwood N.N e Earnshaw A. (2001). Chemistry of the Elements, School of Chemistry, University of leeds, UK. Second Edition. pp 269-274 and 305 – 314.
7. Guimarães I.A. (2008). Estatística. Universidade do rio grande do Norte. Centro de Ciências exactas da Terra. Apostila de Estatística.
8. KHS. (2001). Filling and packaging Worldwide. Operating Manual. Paramix-system. CMX 10/35-5. Machine n°2095.
9. Matos A. e Muxlhanga R. (2012). Normalização e controlo de Qualidade. Universidade Eduardo Mondlane. Faculdade de Ciências.
10. Operating Manual. Spectroquant NOVA 60. (2012). Disponível em www.antonpaar.com acessado a 18 de Dezembro de 2013.
11. PCO₂ Carbon Dioxide Purifies. Equipment Specifications disponível em www.domnickhunter.com acessado em 18 de Dezembro de 2013.
12. Russell J. B. (2008). Química Geral. Universidade do Estado de Humboldt. Canadá. Segunda Edição. Volume 1, Coordenação Maria Elisabeth Brotto, Tradução e Revisão.
13. TCCC Official History. SABCO Connection. (2013). Our connection with each other disponível em <http://cx.ccsabco.com/default.aspx> acessível apenas dentro da rede da Coca-Cola SABCO para trabalhadores e colaboradores que tem acesso, acessado em 10 de Maio de 2014.

14. Torezani W. (2004). Apostila de Estatística I. Faculdade de Univila. Curso de Administração. Vila Velha

Anexos

Anexo 1: Diagrama da Fábrica de Nampula



Fonte: Fluxogramas da base de dados da Fábrica de Nampula

Anexo 2: Tabela de distribuição Padrão Z

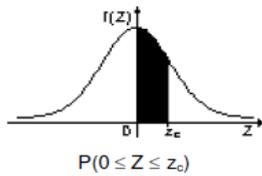


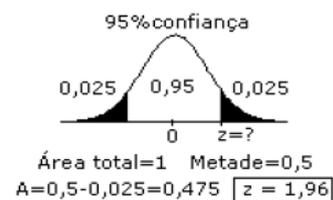
TABELA 1 - Distribuição Normal Padrão Z~N(0,1)

z _c	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	*0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936
2,5	0,4938	0,4940	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	*0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4959	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,10 ou +	0,4999									

NOTA: Para valores de Z acima de 3,09, use 0,4999 como área.

* Use esses valores comuns resultantes de interpolação:

Escore z	Área
1,645	0,4500
2,575	0,4950



Fonte: Estatística, Notas de Aulas Professor Inácio Andruski Guimarães, Msc

Anexo 3: Tabela de distribuição t-student

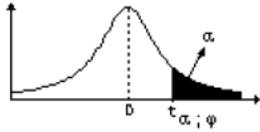


TABELA 2 - Distribuição t de Student (Unicaudal e Bicaudal)

φ = graus de liberdade

α \ φ	25%	10%	5%	2,5%	1%	0,5%	α \ φ	25%	10%	5%	2,5%	1%	0,5%
1	1,0000	3,0777	6,3138	12,7062	31,8207	63,6574	46	0,6799	1,3002	1,6787	2,0129	2,4102	2,6870
2	0,8165	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248	47	0,6797	1,2998	1,6779	2,0117	2,4083	2,6846
3	0,7649	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409	48	0,6796	1,2994	1,6772	2,0106	2,4066	2,6822
4	0,7407	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041	49	0,6795	1,2991	1,6766	2,0096	2,4049	2,6800
5	0,7267	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0322	50	0,6794	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
6	0,7176	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	51	0,6793	1,2984	1,6753	2,0076	2,4017	2,6757
7	0,7111	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	52	0,6792	1,2980	1,6747	2,0066	2,4002	2,6737
8	0,7064	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	53	0,6791	1,2977	1,6741	2,0057	2,3988	2,6718
9	0,7027	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	54	0,6791	1,2974	1,6736	2,0049	2,3974	2,6700
10	0,6998	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	55	0,6790	1,2971	1,6730	2,0040	2,3961	2,6682
11	0,6974	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	56	0,6789	1,2969	1,6725	2,0032	2,3948	2,6665
12	0,6955	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	57	0,6788	1,2966	1,6720	2,0025	2,3936	2,6649
13	0,6938	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	58	0,6787	1,2963	1,6716	2,0017	2,3924	2,6633
14	0,6924	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	59	0,6787	1,2961	1,6711	2,0010	2,3912	2,6618
15	0,6912	1,3406	1,7531	2,1315	2,6025	2,9467	60	0,6786	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
16	0,6901	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	61	0,6785	1,2956	1,6702	1,9996	2,3890	2,6589
17	0,6892	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	62	0,6785	1,2954	1,6698	1,9990	2,3880	2,6575
18	0,6884	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	63	0,6784	1,2951	1,6694	1,9983	2,3870	2,6561
19	0,6876	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	64	0,6783	1,2949	1,6690	1,9977	2,3860	2,6549
20	0,6870	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	65	0,6783	1,2947	1,6686	1,9971	2,3851	2,6536
21	0,6864	1,3232	1,7207	2,0796	2,5177	2,8314	66	0,6782	1,2945	1,6683	1,9966	2,3842	2,6524
22	0,6858	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	67	0,6782	1,2943	1,6679	1,9960	2,3833	2,6512
23	0,6853	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	68	0,6781	1,2941	1,6676	1,9955	2,3824	2,6501
24	0,6848	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969	69	0,6781	1,2939	1,6672	1,9949	2,3816	2,6490
25	0,6844	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	70	0,6780	1,2938	1,6669	1,9944	2,3808	2,6479
26	0,6840	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	71	0,6780	1,2936	1,6666	1,9939	2,3800	2,6469
27	0,6837	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	72	0,6779	1,2934	1,6663	1,9935	2,3793	2,6459
28	0,6834	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	73	0,6779	1,2933	1,6660	1,9930	2,3785	2,6449
29	0,6830	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	74	0,6778	1,2931	1,6657	1,9925	2,3778	2,6439
30	0,6828	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	75	0,6778	1,2929	1,6654	1,9921	2,3771	2,6430
31	0,6825	1,3095	1,6955	2,0395	2,4528	2,7440	76	0,6777	1,2928	1,6652	1,9917	2,3764	2,6421
32	0,6822	1,3086	1,6939	2,0369	2,4487	2,7385	77	0,6777	1,2926	1,6649	1,9913	2,3758	2,6412
33	0,6820	1,3077	1,6924	2,0345	2,4448	2,7333	78	0,6776	1,2925	1,6646	1,9908	2,3751	2,6403
34	0,6818	1,3070	1,6909	2,0322	2,4411	2,7284	79	0,6776	1,2924	1,6644	1,9905	2,3745	2,6395
35	0,6816	1,3062	1,6896	2,0301	2,4377	2,7238	80	0,6776	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
36	0,6814	1,3055	1,6883	2,0281	2,4345	2,7195	81	0,6775	1,2921	1,6639	1,9897	2,3733	2,6379
37	0,6812	1,3049	1,6871	2,0262	2,4314	2,7154	82	0,6775	1,2920	1,6636	1,9893	2,3727	2,6371
38	0,6810	1,3042	1,6860	2,0244	2,4286	2,7116	83	0,6775	1,2918	1,6634	1,9890	2,3721	2,6364
39	0,6808	1,3036	1,6849	2,0227	2,4258	2,7079	84	0,6774	1,2917	1,6632	1,9886	2,3716	2,6356
40	0,6807	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	85	0,6774	1,2916	1,6630	1,9883	2,3710	2,6349
41	0,6805	1,3025	1,6829	2,0195	2,4208	2,7012	86	0,6774	1,2915	1,6628	1,9879	2,3705	2,6342
42	0,6804	1,3020	1,6820	2,0181	2,4185	2,6981	87	0,6773	1,2914	1,6626	1,9876	2,3700	2,6335
43	0,6802	1,3016	1,6811	2,0167	2,4163	2,6951	88	0,6773	1,2912	1,6624	1,9873	2,3695	2,6329
44	0,6801	1,3011	1,6802	2,0154	2,4141	2,6923	89	0,6773	1,2911	1,6622	1,9870	2,3690	2,6322
45	0,6800	1,3006	1,6794	2,0141	2,4121	2,6896	90	0,6772	1,2910	1,6620	1,9867	2,3685	2,6316
							100	0,677	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
							120	0,677	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
							∞	0,674	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fonte: Estatística, Notas de Aulas Professor Inácio Andruski Guimarães, Msc

Anexo 4: Certificados de Qualidade do CO₂



Airborne Labs International, Inc.

22C World's Fair Drive Somerset, NJ 08873 Voice: 732-302-1950 Fax: 732-302-3035
 Email: airbornelabs@aol.com Website: www.airbornelabs.com

**Carbon Dioxide (CO₂) Analysis
 ISBT Beverage Grade**

MOGAS S.A.
 Av. De Mozambique
 Maputo, Mozambique
 Phone: 258-21-475-058 (Fax:258-21-475-196) Cell: 258-82-071 6750
 Attn.: Mr. Francisco Faria
 E-Mail: Francisco.Faria@mogas.co.mz
 Sample ID.: "Mogas - Beira"
 Sample ID.: Received in 2 x 2L MLB Polybags + 2 Minicyl 1.4S + 2.0L NVR No-Haz Kit

ALI Track No.: 13-0745
 Received On: 08/07/13
 Report Date: 08/14/13
 Payment Mode: PO/CC/Wire
 Sample Date: 07/01/13
 Sample Form: Vaporized Liquid CO₂
 Process Stage: Final

Test Description/Units:	Result	LOQ	ISBT Specification
CO₂ Identification (% v/v by USP): _____ Comments: All Polybags tested & found to contain 99+% CO ₂ .	99+	5	report*
CO₂ Purity (% v/v, ISBT 2.0): _____	99.99+	5	99.9 min
Moisture (H ₂ O, ppm v/v, ISBT 3.0): _____	nd	1	20 max
Oxygen (O ₂ , ppm v/v, ISBT 4.0): _____ Comments: Result represents Total O ₂ + Ar ppm v/v.	9.5	1	30 max
Carbon Monoxide (CO, ppm v/v, ISBT 5.0): _____	nd	1	10 max
Ammonia (NH ₃ , ppm v/v, ISBT 6.0): _____	nd	0.5	2.5 max
Oxides of Nitrogen (NO _x , ppm v/v, ISBT 7.0): _____	1.0	0.5	report*
Nitric Oxide (NO, ppm v/v, ISBT 7.1): _____	1.0	0.5	2.5 max
Nitrogen Dioxide (NO ₂ , ppm v/v, ISBT 7.1): _____	nd	0.5	2.5 max
Non-Volatile Residue (NVR, ppm w/w, ISBT 8.0): _____	nd	2	10 max
Non-Volatile Organic Residue (NVOR, ppm w/w, ISBT 8.0): _____	nd	2	5 max
Methanol (MeOH, ppm v/v, ISBT 9.0): _____	nd	0.1	10 max
Total Volatile Hydrocarbons (THC, ppm v/v as CH ₄ , ISBT 10.0): _____	0.6	0.1	50 max (20 as TNMHC)
Total Non-Methane Hydrocarbons (TNMHC, ppm v/v as CH ₄ , ISBT 10.1): _____	0.5	0.1	20 max
Methane (CH ₄ , ppm v/v, ISBT 10.1): _____	trace	0.1	report
Acetaldehyde (AA, ppm v/v, ISBT 11.0): _____	0.13	0.05	0.2 max
Aromatic Hydrocarbon Content (ppb v/v as Benzene, ISBT 12.0): _____ Comments: No target BTEX impurities detected.	nd	2	20 max
Total Sulfur Content (TSC, ppm v/v as S, ISBT 13.0): _____	trace	0.01	0.1 max
Hydrogen Sulfide (H ₂ S, ppm v/v, ISBT 14.0): _____	nd	0.01	report
Carbonyl Sulfide (COS, ppm v/v, ISBT 14.0): _____	trace	0.01	report
Dimethyl Sulfide (DMS, ppm v/v, ISBT 14.0): _____	nd	0.01	report
Sulfur Dioxide (SO ₂ , ppm v/v, ISBT 14.0): _____	nd	0.01	1.0 max
Sensory Tests			
Odor of Solid CO₂ Residue (Pass/Fail, ISBT 15.0): _____ Comments (ISBT 15.0): *Sensory odor & visual residue tests performed on submitted 2L NVR snow container.	pass*	na	No foreign odor
Appearance of Solid CO₂ Residue (Pass/Fail, ISBT 15.0): _____ Comments (ISBT 15.0): *Sensory odor & visual residue tests performed on submitted 2L NVR snow container.	pass*	na	No foreign appearance
Appearance in Water (Pass/Fail, ISBT 16.0): _____	pass	na	No color or turbidity
Odor in Water (Pass/Fail, ISBT 16.0): _____	pass	na	No foreign odor
Taste in Water (Pass/Fail, ISBT 16.0): _____ Comments:	pass	na	No foreign taste

Sample ID: MOGAS S.A.

ALI Track No.: 13-0745

Source Specific Tests

	Result	LOQ	ISBT Specification
Hydrogen Cyanide (HCN, ppm v/v, ISBT SM 1.0):	nd	0.2	nd
Vinyl Chloride (VCL, ppm v/v, ISBT SM 2.0):	nd	5	nd
Phosphine (PH ₃ , ppm v/v, ISBT SM 3.0):	nd	0.25	0.3 max

Comments:

Speciated Volatile Hydrocarbons (VHC, ppm v/v by ISBT 10.1)

Ethane:	nd	0.1	report*
Ethylene:	0.2	0.1	report*
Propane:	nd	0.1	report*
Propylene:	nd	0.1	report*
Isobutane:	nd	0.1	report*
n-Butane:	nd	0.1	report*
Butene:	nd	0.1	report*
Isopentane:	nd	0.1	report*
n-Pentane:	nd	0.1	report*
Hexanes+:	nd	0.1	report*

Comments: Pk ID based upon tr match vs target analyte std. CH₄ result on pg. 1.

Speciated Volatile Sulfur Compounds (VSC, ppm v/v by ISBT 14.0)

Carbon Disulfide:	nd	0.01	report*
Methyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
Ethyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
t-Butyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
Isopropyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
n-Propyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
Methyl Ethyl Sulfide:	nd	0.01	report*
2-Butyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
i-Butyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
Diethyl Sulfide:	nd	0.01	report*
n-Butyl Mercaptan:	nd	0.01	report*
Dimethyl Disulfide:	nd	0.01	report*
Unknown VSC:	nd	0.01	report*

Comments: Peak ID based upon t_r match against target analyte standards. Note: TSC + most common sulfur agents reported on pg. 1.

Speciated Volatile Oxygenates (VOX, ppm v/v, by ISBT 11.0)

Dimethyl Ether:	nd	0.1	report*
Diethyl Ether:	nd	0.1	report*
Ethylene Oxide (EtO):	nd	0.1	report*
Propionaldehyde:	nd	0.1	report*
Acetone:	trace	0.1	report*
t-Butanol:	nd	0.1	report*
Ethanol:	trace	0.1	report*
Isopropanol:	nd	0.1	report*
Ethyl Acetate:	nd	0.1	report*
Methyl Ethyl Ketone:	nd	0.1	report*
2-Butanol:	nd	0.1	report*
n-Propanol:	nd	0.1	report*
Isobutanol:	nd	0.1	report*
n-Butanol:	nd	0.1	report*
Isoamyl Acetate:	nd	0.1	report*
Isoamyl Alcohol:	nd	0.1	report*
Unknown VOX:	nd	0.1	report*

Comments: Peak ID based upon t_r match against target analyte standards. AA + MeOH results reported on pg. 1.

LOQ = Limit of Quantitation (lowest amount of analyte quantitatively determined with suitable precision and accuracy) MDL = method detection limit (lowest amount of analyte detected). trace = unquantified amount observed between LOQ and MDL. nd = indicates the impurity was not detected (below MDL). -- = test not performed. na = not available. LT = less than the amount specified. GT = greater than the amount specified. % = percent. ppm = parts per million. ppb = parts per billion. report = value needed for Coca-Cola supplier specification. report* = Additional value to the Coca-Cola supplier requirement. v/v = volume analyte/volume sample. w/w = weight analyte/weight sample. [result] indicates the result was obtained by the method listed within brackets. TSC = ISBT Total Sulfur Content excluding SO₂. Unit Conversions: 1ppm v/v = 1µL/L = 1000 ppb = 0.0001% w/v. Date format: MM/DD/YY.

Report Summary:

Customer request for a std ISBT & Coca-Cola beverage grade LCO₂ test pgm.

This sample meets all ISBT & Coca-Cola purity guidelines for beverage grade LCO₂.

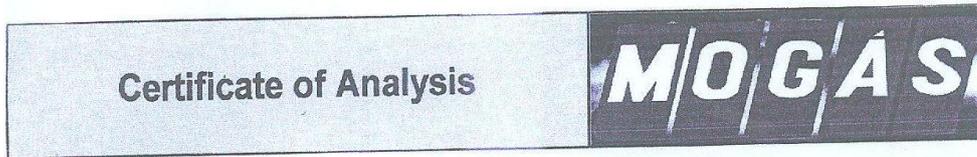
Reviewed by / Date:

Nicole James 08/14/13

Nicole James - Laboratory Manager

Attachments: none
 Addendum: Signatures, Instrument & Notebook data on-file
 Measurement Uncertainty available upon request.
 F-21.4v2 (10/12)



Anexo 5: Certificado de Análises de CO₂

Certificate-No.:	20130220 029
Date/Time of the analysis	2/20/2013 4:43:51 PM

Channel	Production
Measurement	not successful

Product characteristic	Unit	Requirement	Result
Ammonia (NH ₃)	ppm v/v	< 2.5	< 0.5
Oxygen (O ₂)	ppm v/v	< 30	6.324
Moisture (H ₂ O)	ppm v/v	< 20	< 1
Carbon monoxide (CO)	ppm v/v	< 10	< 0.5
Total CH (THC)	ppm v/v	< 20	5.975
Propane (C ₃ H ₈)	ppm v/v	< 20	< 1
Methane (CH ₄)	ppm v/v	< 20	< 1
Methanol (CH ₃ OH)	ppm v/v	< 20	< 1
Ethane (C ₂ H ₆)	ppm v/v	< 20	< 1
Ethanol (C ₂ H ₆ O_ETH)	ppm v/v	< 20	2.602
Dimethylether (C ₂ H ₆ O)	ppm v/v	< 20	< 1
Acetaldehyde (C ₂ H ₄ O)	ppm v/v	< 0.2	0.110
Total BTX (BTX)	ppm v/v	< 0.02	< 0
Benzene (C ₆ H ₆)	ppm v/v	< 0.02	< 0.004
Toluene (C ₇ H ₈)	ppm v/v	< 0.02	< 0.004
Xylene (C ₈ H ₁₀)	ppm v/v	< 0.02	< 0.004
Nitric monoxide (NO)	ppm v/v	< 2.5	0.887
Nitric dioxide (NO ₂)	ppm v/v	< 2.5	6.744
Total Sulfur (SO _X)	ppm v/v	< 0.1	< 0
alias not set	ppm v/v	< 0.1	success
Sulfur dioxide (SO ₂)	ppm v/v	< 1	< 0.15
alias not set	ppm v/v	< 0.1	< 0.015

The liquid Carbon dioxide describes above, complies with the Coca-Cola Company's analytical specifications (BP-SP-110, issued 01-Jan-2010), as well as with the local food regulations. Also, the Carbon dioxide in this delivery has been sampled, tested and found to meet the minimum specifications. Results are as above.

Measured by UNISENSOR CARBOSCAN

Quality ContourGlobal:

Anexo 6: CIP

Sistema de 3 passos (CIP)

Usa-se quando o CIP de cinco passos não é necessário por não precisar de sanitização do equipamento.

Passar água tratada pelo sistema durante 10 minutos.

Irrigar o sistema com a solução de detergente, a uma concentração que vai de 1.0 – 1.2% e drenar após 15 minutos de circulação. Durante esse tempo deve abrir e fechar as válvulas para permitir que o detergente atinja todas as partes das válvulas.

Enxaguar completamente os tanques e tubulações com água tratada (por pelo menos 10 minutos) até remover todos os traços de detergente.

Sistema de 5 passos (CIP) – Depois de 48 horas (com copos)

Passar água pelo sistema (10 minutos)

Irrigar o sistema com a solução de detergente, (neste caso o reclaim) a uma concentração que vai de 1.0 – 1.2% e drenar após 15 minutos de circulação. Durante esse tempo deve abrir e fechar as válvulas para permitir que o detergente atinja todas as partes das válvulas.

Lavar o sistema com água tratada (10 minutos).

Circular uma solução de cloro à 50 ppm durante 30 minutos (com copos).

Enxaguar completamente todo o sistema com água tratada até à eliminação dos traços de cloro.

Usar o sistema de 3 passos para os seguintes casos :

De Fanta ananás para qualquer sabor e de qualquer sabor não pungente para Coca-Cola, A Fanta ananás é uma exceção, que por causa da sua acção, em termo de cheiro, na fábrica de Nampula, usa-se o sistema de 3 passos.

Usar o sistema de 5 passos (com copos) para os seguintes casos:

Dum produto pungente para não pungente

Quando os resultados microbiológicos estiverem fora das especificações

Depois de 48 horas (com ou sem produção)

Sistema de 6 passos (de duas em duas semanas e obrigatório sempre que se fizer uma manutenção geral da enchedora).

Passar água tratada pelo sistema (10 minutos)

Irigar o sistema com a solução de detergente a uma concentração que vai de 1.0 – 1.2% e drenar após 15 minutos de circulação. Durante esse tempo deve abrir e fechar as válvulas para permitir que o detergente atinja todas as partes das válvulas.

Lavar o sistema com água tratada até eliminar todo o traço de detergente.

Irigar todo o sistema com a solução de CIP ácido e circular durante 15 minutos

Lavar o sistema com água tratada até acabar todo o traço da CIP ácido e continuar o enxaguamento por mais 3 minutos.

Deixar no sistema uma solução de cloro à 5 ppm (com copos) até o dia do arranque da linha.