

Fellipe da Silva Santanna

Irene Cristina de Mello

Química dos refrigerantes: sabemos o que bebemos?

PPGECN/UFMT

Cuiabá

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

Química dos refrigerantes:

Sabemos o que bebemos?

Fellipe da Silva Santanna
Irene Cristina de Mello

Cuiabá – MT

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Santanna, Fellipe da Silva

Química dos refrigerantes [livro eletrônico] :
sabemos o que bebemos? / Fellipe da Silva Santanna,
Irene Cristina de Mello. -- Cuiabá, MT : UFMT, 2025.
PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-83795-04-5

1. Ciências naturais - Estudo e ensino 2. Química
3. Refrigerantes - Indústria I. Mello, Irene Cristina
de. II. Título.

25-269192

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências naturais : Estudo e ensino 507

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Fellipe da Silva Santanna

Irene Cristina de Mello

Universidade Federal de Mato Grosso

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais

Química dos refrigerantes: sabemos o que bebemos?

Coleção

Ensino de Química – LabPEQ

UFMT

2022

SUMÁRIO

Sabemos o que bebemos?.....	5
Afinal, o que é um refrigerante?	6
Quem inventou esta bebida gasosa? quais a marcas pioneiras?	6
Os brasileiros consomem muito refrigerante?.....	14
Qual a composição química dos refrigerantes: o que tomamos de fato?	16
Qual a diferença entre os refrigerantes <i>diet</i> , <i>light</i> e zero? Qual escolher? .	24
Como são fabricados os refrigerantes?	27
Como as embalagens de refrigerantes podem causar impactos ambientais?...	31
Os impactos ambientais causados pela indústria de refrigerantes.....	34
Outros conceitos da Química a partir dos refrigerantes.....	38
Mitos e verdades sobre a química dos refrigerantes	40
Os efeitos dos refrigerantes em nosso organismo e o problema da obesidade	46
Cuidado com o excesso de refrigerantes!	49
Enfim, agora sabemos o que bebemos?	50
REFERÊNCIAS	51

REFRIGERANTES

Sabemos o que bebemos?

Você certamente já tomou algum tipo de refrigerante pelo menos uma vez na vida, correto? Se a sua resposta foi sim, você saberia responder o que de fato tomou? Afinal, de quais substâncias são feitos os refrigerantes? Qual a composição química? Como podemos classificar esse tipo de bebida? Quais aditivos químicos são utilizados em sua fabricação? Aliás, como são fabricados? Será que existe legislação que regulamenta a fabricação e a venda de refrigerantes? O tipo de embalagem do refrigerante faz alguma diferença no sabor ou em sua qualidade? Qual a história dos refrigerantes e como eles surgiram? Quem inventou? Quais são as marcas pioneiras? É possível saber a fórmula da famosa marca Coca-Cola ou até hoje ninguém sabe? Quais os efeitos dos refrigerantes para a nossa saúde? Os refrigerantes possuem algum impacto ambiental? Qual a diferença entre refrigerantes *light*, sem açúcar e sem cafeína? O que é *fake news* ou fato sobre os refrigerantes? Se você ficou em dúvida sobre como responder a estas perguntas, então você precisa ler o que vem a seguir...

Como você já sabe, devido ao seu sabor quase, digamos, “viciante”, e sensação de frescor, os refrigerantes são bebidas muito consumidas no mundo todo, ocidental e oriental. Com uma variedade de sabores, preços atrativos e facilidade em encontrar, se tornam uma opção para acompanhar o almoço, o lanche da tarde, o jantar ou simplesmente para saborear no intuito de amenizar os períodos de calor. Não é à toa que os refrigerantes são consumidos na forma gelada, visto que muitos preferem tomá-los justamente para se refrescar diante das ondas de calor. Fato é que com a expansão da lógica consumista nas sociedades, os refrigerantes passaram a fazer parte da cultura e, mesmo podendo não ser uma opção saudável, faz parte do hábito de muitas pessoas por todo o mundo. Portanto, aprender mais sobre esta bebida torna-se muito importante.

Mas antes de demonizar os refrigerantes, vamos entender um pouco melhor esta bebida? Tá servido de um refrigerante ou acha melhor esperar o fim da leitura? Se fosse você, lia tudo primeiro antes de abrir o próximo.

Afinal, o que é um refrigerante?

Quimicamente, podemos dizer que um refrigerante é, em geral, uma bebida fabricada industrialmente, não alcoólica e não fermentada – pois não se utilizam organismos vivos em sua composição –, preparada com água, edulcorantes, que podem ser naturais, acidulantes, colorantes, antioxidantes, estabilizadores de acidez e conservantes. Em geral, também pode-se considerar que refrigerantes são bebidas que, obrigatoriamente, são saturadas de dióxido de carbono/gás carbônico (CO_2) industrialmente puro.

Figura 1: Refrigerante: uma bebida de vários sabores.



Fonte: Imagem licenciada sob domínio público via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Refrigerantescomgas.jpg> Acesso em 28 Fevereiro 2023.

Como surgiram os Refrigerantes?

Quem inventou esta bebida gasosa? quais a marcas pioneiras?

A origem dos refrigerantes tem conexões muito importantes com a história da Química. Vamos ver adiante que, com o estudo da dissolução de gases em líquidos, feito por dois químicos muito famosos, foi possível que bebidas gasosas fossem produzidas, em especial, os refrigerantes. Além disso, você vai descobrir que, antes de os refrigerantes surgirem como a bebida que conhecemos hoje, eles eram utilizados para uso medicinal. Então, se prepare para descobrir um pouco sobre a história dos Refrigerantes.

Um dos primeiros rastros sobre o surgimento dos refrigerantes está associado com o desenvolvimento de sucos de frutas, que davam sensação de refrescância. De acordo

com o *website* mexicano QuimicaFacil.net, foi no Oriente Médio medieval que, com a produção de uma variedade de refrescos com sabor de frutas, deu-se início à ideia de elaboração de bebidas refrescantes. Um dos mais famosos e antigos é o *sharbat*, bebida feita com o suco da fruta que era adoçada com ingredientes como o açúcar, xarope e mel, podendo ser consumida de forma concentrada ou diluída. Essa bebida adocicada passou a fazer muito sucesso mais tarde na Europa, dando origem ao termo “xarope”, palavra derivado do árabe. Assim, podemos dizer que o *sharbat* era visto como os “refrigerantes da época”. Segundo o site *BelieveNews*, os primeiros registros que se têm da bebida datam do século XII, em um livro persa que continha registros feitos por um médico islâmico da realeza, Ismail Gargani, que descrevia diferentes tipos de *sharbats*, como o de uva azeda (*ghooreh*), romã (*anar*) e hortelã (*serkanjebin*).

Figura 2: Sharbat, bebida originária do Oriente Médio, feito com xarope de frutas ou pétalas de flores, um pouco de limão e água com gás. A bebida é sempre servida com muito gelo.



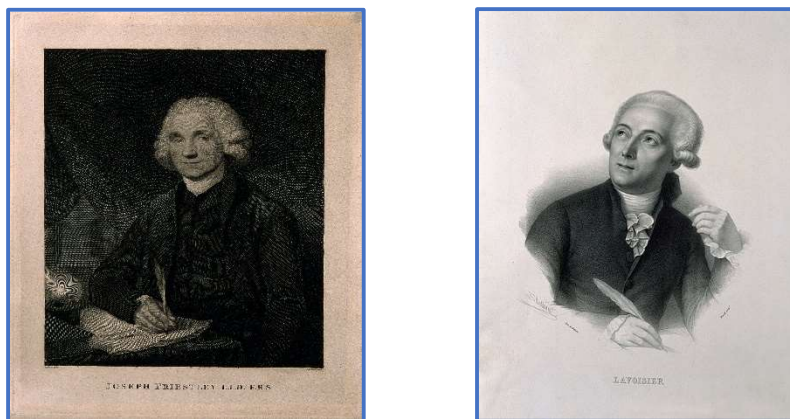
Fonte: Rawpixel. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://www.rawpixel.com/image/5957570/free-public-domain-cc0-photo> Acesso em: 28 Fevereiro 2023.

Outra bebida refrescante que antecede os refrigerantes é a limonada. Em 1676, empresa francesa *Compagnie des Limonadiers* fez muito sucesso com a venda da bebida à base de água, sumo de limão e açúcar. Entretanto, na época ainda não havia sido descoberta a mistura de gás carbônico (CO_2) com a água, mas a sensação de refrescância era presente.

Os estudos sobre a mistura de gases em água só surgiram no ano de 1772, quando os químicos Joseph Priestley e Antoine Lavoisier realizavam experimentos na tentativa de acrescentar gás à água. Priestley descobriu um método de infusão de gás carbônico (CO_2) em água quando suspendeu uma tigela de água destilada em um barril de cerveja,

em uma cervejaria local em Leeds, na Inglaterra. Em seu artigo intitulado “Impregnação da água com ar fixo”, ele descreve o método a partir da obtenção de CO_2 , gotejando azeite de vitriolo (hoje conhecido com ácido sulfúrico H_2SO_4) em cima de um giz, e posteriormente induzindo o gás produzido a se dissolver em uma tigela de água agitada.

Figura 3: À esquerda, Joseph Priestley e à direita Antoine Lavoisier. Os químicos que estudaram a mistura de gases em água



Fonte: Wellcome Library, London. Imagens licenciadas sob domínio público via Wikimedia Commons. Disponíveis em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antoine_Laurent_Lavoisier_Lithograph_by_Z._Belliard_after_J._Wellcome_V0003416.jpg e https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joseph_Priestley_Line_engraving_by_T._Holloway_1795_after_Wellcome_V0004788.jpg?uselang=pt-br Acesso em: 28 Fevereiro 2023.

A descoberta de Priestley, posteriormente, foi modificada por Thomas Henry, em 1782, quando o boticário criou um sistema para comercializar águas carbonatadas artificialmente. Essas bebidas eram, à época, vendidas como produtos medicinais, sendo recomendadas para o tratamento de azia, queimação e outras problemas digestórios. Os sabores que inicialmente foram mais usados eram o de gengibre e o de limão. Nessa época, as bebidas carbonatadas eram consideradas saudáveis e eram defendidas e recomendadas por médicos e farmacêuticos para o tratamento de problemas estomacais.

A partir de então, vários outros sabores de frutas foram sendo acrescentados na água, sendo isso feito na hora em farmácias, que adicionavam gás carbônico na água com determinado sabor. Essa tecnologia foi patenteada em 1819 como *soda fountain*, que em português significa “fonte de soda”, uma bomba instalada nos balcões das farmácias para o líquido ser gaseificado na hora. Graças às suas propriedades antiácidas, a bebida era recomendada para ajudar na digestão. Mais tarde, em 1886, o farmacêutico John Pemberton criou a mais famosa delas, a Coca-Cola®, quando adicionou uma mistura de cor caramelo à água gaseificada.

Figura 4: Bebida gaseificada Schweppes, uma das pioneiras no mercado de refrigerantes.



Fonte: Wikimedia Commons. Imagem licenciada sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schweppes.jpg?uselang=pt-br#filelinks> Acesso em 28 Fevereiro 2023.

Assim

como os demais refrigerantes da época, a Coca-Cola[®] também era utilizada como remédio para o estômago. Era um mal-estar comum na época para os estadunidenses. John Pemberton, em Atlanta, criou o xarope de cor caramelo acrescentado a água carbonatada, e fez muito sucesso. Mas será que realmente essa “fórmula da Coca-Cola” é secreta?

CURIOSIDADE

Esse xarope, conhecido como “fórmula 7x”, que atrai tanto a curiosidade de muitas pessoas por acharem que ela é “secreta”, nada mais é que uma mistura de folhas de coca, extrato de noz de cola, óleo de noz moscada, óleo de limão, óleo de lima, coentro e muito açúcar, além de ter outros ingredientes especiais. Além disso, nos rótulos do produto têm informações sobre os ingredientes, somente a proporção exata entre eles que não é completamente conhecida. Portanto, se alguém te perguntar sobre essa tal “fórmula secreta”, você já sabe que não passa de especulações, não é mesmo? Entretanto, por conta de seu vício em morfina, John Pemberton, o criador, acabou falecendo 2 anos depois de ter feito a Coca-Cola ® e não pôde ver o sucesso que sua invenção faria pelo mundo todo.

FONTE: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/12-mitos-e-verdades-sobre-a-coca-cola/>

De pouco em pouco, as máquinas *Soda Fountain* passaram a migrar para bares, restaurantes e sorveterias. Entretanto, o surgimento de novas tecnologias – como a produção em larga escala de garrafas de vidro com tapinhas, que faziam com que o gás presente não escapasse – permitiu que os clientes levassem o produto para ser consumido em casa. Com o passar dos anos, novos tipos de embalagem surgiram. Em 1957, as latinhas de alumínio e na década de 70, com a descoberta dos plásticos, as garrafas PET.

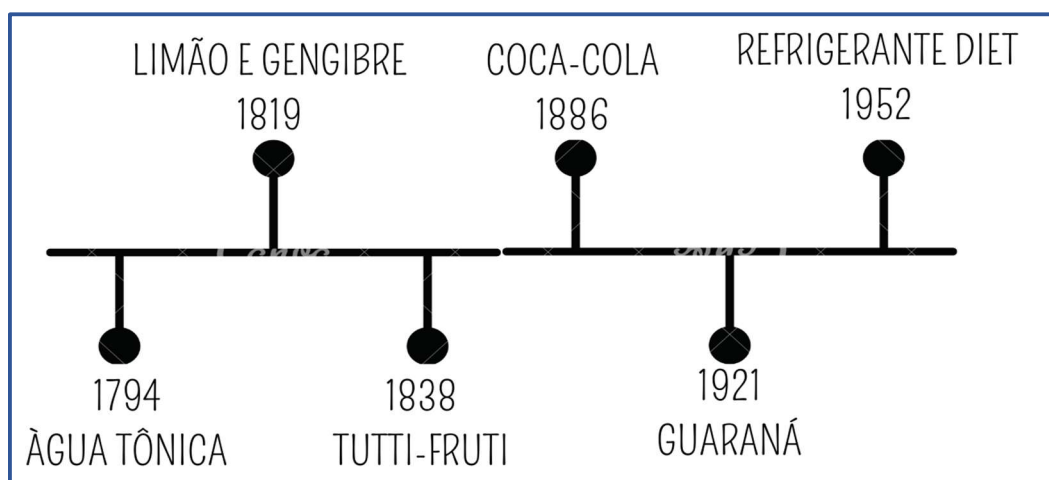
Figura 5: Estátua em homenagem ao farmacêutico John Pemberton, o criador da Coca-Cola, em um prédio da empresa.



Fonte: Flickr. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/wallyg/9205545540>

No Brasil, a primeira indústria de refrigerantes se instala no Recife, possibilitando uma maior movimentação do produto no mercado nacional. Com o sucesso mundial em escala industrial, a venda de refrigerantes gera um lucro bilionário, surgindo assim várias outras marcas e sabores. Atualmente, a indústria de refrigerantes está presente em praticamente todos os países, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial da bebida. No esquema abaixo, você confere uma linha do tempo com o período que cada tipo e sabores de refrigerantes mais importantes surgiram após o sucesso da bebida:

Figura 6: Linha do tempo do surgimento de diferentes tipos de bebidas gaseificadas



Fonte: Autoria própria.

Como dito anteriormente, os primeiros sabores, que foram produzidos após a invenção das máquinas de refrigerantes *soda fountains*, eram de limão e gengibre, em 1819. Com o sucesso, muitos farmacêuticos adicionaram sabores às bebidas, como a mistura de baunilha, morango e framboesa, dando origem ao tradicional *tutti frutti*, em 1838. Já em 1886, é criada a marca de refrigerantes mais popular do mundo, a Coca-Cola®. E somente em 1952, são criados os refrigerantes do tipo *diet*. Mas você sabia que o refrigerante sabor guaraná foi descoberto e criado aqui no Brasil?

Em 1921, a empresa brasileira Companhia Antarctica Paulista lançou o primeiro refrigerante de sabor guaraná, fruta tradicional da região da Amazônia, com o nome de Guaraná Champagne Antarctica®. Em 1905, foram realizados os primeiros estudos sobre a incorporação de guaraná em alimentos, a qual resultou em uma pesquisa sobre o processamento do guaraná Blat, criando um xarope que seria a base para o Guaraná Antarctica. Mas em 1921, o químico industrial cria fórmula para o lançamento oficial da bebida, que faz bastante sucesso, tanto no Brasil, quanto em outros países. O sucesso foi

tão grande que levou a maior empresa de refrigerantes, a Coca-Cola®, a também lançar um refrigerante sabor guaraná.

Desde então, a Companhia Antarctica Paulista passou a comprar os frutos de guaraná diretamente da região de Maués, no estado do Amazonas. Mais tarde, com o sucesso do lançamento do refrigerante, a empresa estabelece um escritório na região para facilitar as compras dos frutos, e em 1971, passa a cultivar as sementes de guaraná na Fazenda Santa Helena, em Maués, para aprofundar os estudos sobre o guaranazeiro. Assim, para melhorar a qualidade dos frutos comprados por terceiros, a Companhia Antarctica Paulista repassa a tecnologia para os produtores parceiros para melhorar o plantio.

Figura 7: Frutos de guaraná, comum da região amazônica, cujo sabor fez muito sucesso com o refrigerante Guaraná Antarctica.



Fonte: Flickr. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/sociobioamazonia/27128407477> Acesso em 28 Fevereiro 2023.

Você sabia que as bebidas à base de guaraná quase tiveram, por lei, um aumento no teor do fruto em suas fórmulas que levaria a uma concentração exagerada de cafeína? Leia mais no quadro Curiosidade a seguir.

CURIOSIDADE

Em 1944 a venda de guaranás estava em alta. Então, com o intuito de proteger os produtores amazonenses representados pelo “Consórcio do Guaraná”, o governo brasileiro expediu um decreto obrigando que todas as bebidas que tivessem a fruta em sua composição contivessem pelo menos 0,5 % da semente do fruto para cada 100 ml. Isso significaria uma concentração excessiva de cafeína, equivalente a dois

comprimidos de cafiaspirina (medicamento para enxaqueca) em apenas 330 ml, além de alta concentração de taurina, que turvaria a bebida. Entretanto, após representação junto ao Governo Federal, evitou-se que o decreto fosse publicado. Já pensou se esse decreto fosse expedido, será que você iria gostar do forte sabor de guaraná com essa nova fórmula? Seria muita cafeína, não é mesmo? E até poderia trazer complicações com a alta ingestão de cafeína, por exemplo.

FONTE:

<https://web.archive.org/web/20100309093012/http://www.guaranaantarctica.com.br/produtos/guarana-antarctica.aspx>

Para que tenhamos uma ideia geral dos principais fatos que marcaram a história das bebidas carbonatadas, veja o infográfico a seguir, extraído do *website* da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas Não Alcoólicas (ABIR), que traz uma linha do tempo sobre os fatos mais importantes ligados às bebidas gaseificadas, entre elas, os refrigerantes.

Os brasileiros consomem muito refrigerante?

É muito provável que você já tenha tomado um refrigerante alguma vez, não é mesmo? Até porque essa bebida se tornou uma das mais populares do mundo, estando presente no cotidiano de milhões de pessoas. Atualmente, o Brasil ocupa a 10º posição entre os maiores consumidores de refrigerantes do mundo. Em levantamento feito pelo instituto de pesquisa de mercado *Euromonitor International*, o consumo médio *per capita* de refrigerantes no ano de 2018 foi de 114,6 litros no país. Mas qual será o maior consumidor de refrigerantes no mundo? Veja o ranking na tabela abaixo:

Tabela 1: Consumo per capita de refrigerantes por litro no mundo, em 2018.

País	Litros
1. China	410,7
2. EUA	356,8
3. Espanha	267,5
4. Arábia Saudita	258,4
5. Argentina	250,4
6. Nigéria	233
7. Japão	185,8
8. Reino Unido	168,3
9. Turquia	160,6
10. Brasil	114,6

Fonte: Euromonitor International, 2018.

Analisando essa Tabela, talvez uma coisa tenha chamado a sua atenção: considerando um ano com 365 dias, podemos dizer que os chineses bebem mais que 1 litro de refrigerante diariamente, já que, segundo esses dados, o consumo *per capita* de refrigerantes na China foi de 410,7 litros. Em contrapartida, os dados obtidos pela empresa Global Data e discutidos no *website* da Associação Brasileira de Nutrição (Asbran) sobre o consumo de bebidas pelos chineses apontam que o consumo de água engarrafada chegou a apenas 30,8 litros por ano, valor muito inferior aos 410 litros de refrigerantes consumidos anualmente. Nessa mesma discussão, o *website* chama atenção

para a média de consumo global de refrigerantes, que passou de 84,1 litros em 2013 para 91,9 litros em 2018, segundo levantamento da *Euromonitor International*, presentes na Tabela 1.

Agora se analisarmos em termos de produção, o Brasil ocupa a terceira colocação dentre os países que mais produzem refrigerantes no mundo, em 2011, de acordo com levantamento sobre os setores de consumo feito pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES). Em dados extraídos desse levantamento, se não consideramos os dados per capita, também somos a 3º nação que mais consome cerveja e refrigerantes no mundo. Por ser um país de clima tropical, o consumo de bebidas geladas no país tende a ser maior, se comparado a outros países cujo clima é mais frio. Nesses dados, se juntarmos o total de consumo de bebidas de cerveja e refrigerante juntas, o consumo de refrigerantes chega a 57% do total. Muita coisa, não é? Veja no gráfico abaixo:

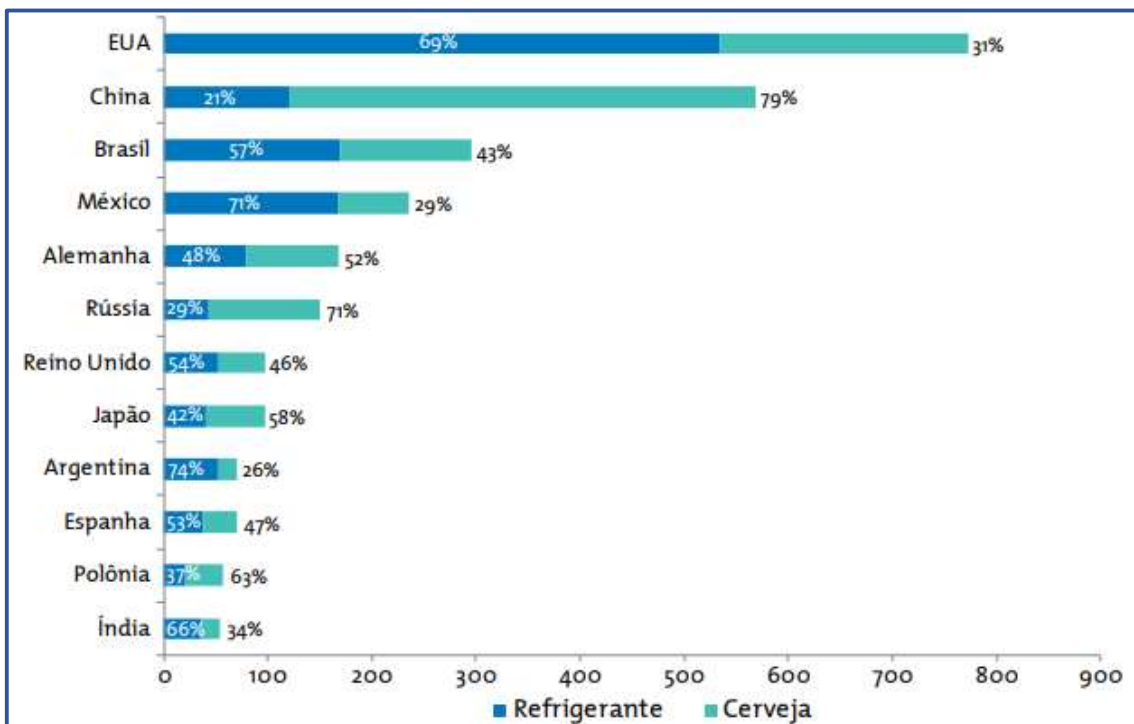


Gráfico 1: Gráfico da produção, por milhões de hectolitros, e o consumo de refrigerantes e cerveja no mundo. Fonte: (Panoramas Setoriais 2030, BNDES)

Podemos ver também que a produção de refrigerantes e cervejas no Brasil, neste estudo de 2011, correspondeu a cerca de 300 milhões de hectolitros. Por isso, nessa época éramos o 3º maior produtor e consumidor do mundo.

No próximo tópico, vamos analisar a composição dos refrigerantes e seu processo industrial de fabricação ao mesmo tempo em que discutiremos os conhecimentos químicos que podemos perceber com essa bebida.

Qual a composição química dos refrigerantes: o que tomamos de fato?

Você já se perguntou do que são feitos os refrigerantes que você toma? Existem diferenças entre o refrigerante comum, o *diet* e o *light*. Aqui vamos focar somente na diferença da composição química entre eles, e no próximo tópico vamos tratar do ponto de vista nutricional.

Assim como qualquer produto fabricado em escala industrial destinado para o consumo imediato, os ingredientes necessários para a fabricação têm funções específicas e devem passar por um controle de qualidade, se enquadrando nos padrões estabelecidos por órgãos governamentais. O Gráfico 2 traz a composição com a proporção dos ingredientes do refrigerante do tipo normal, com açúcar.

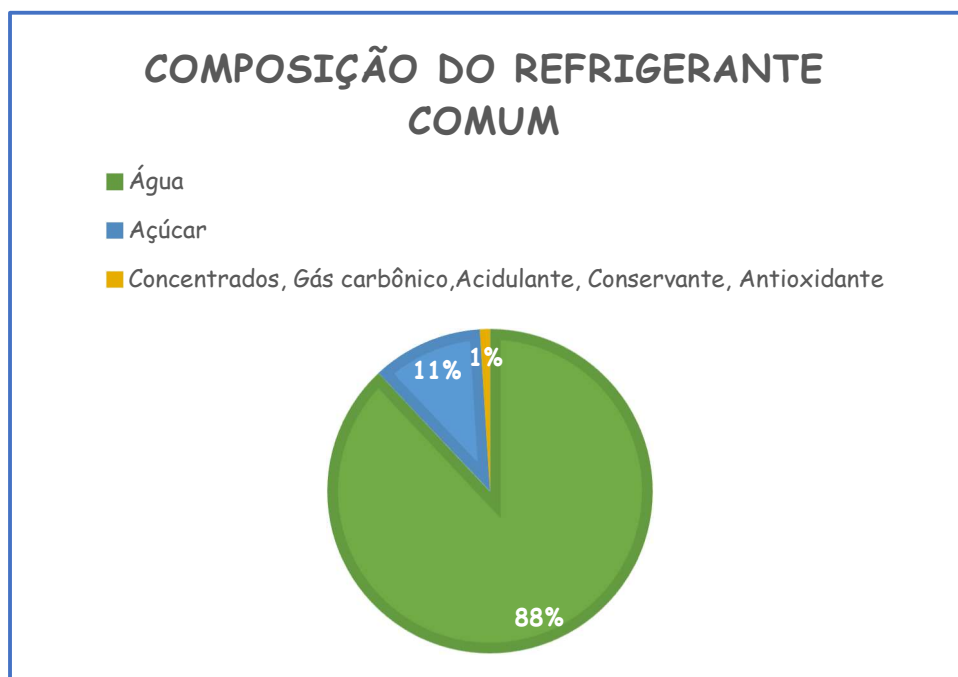


Gráfico 2: Composição, em porcentagem, do refrigerante comum com açúcar. Fonte: Os autores.

Mas e em relação aos refrigerantes *diet* e *light*, qual a diferença na composição? Do ponto de vista da composição química, o que mais diferencia um do outro é a quantidade de açúcar e de aditivos. Vamos compreender de forma simplificada essa diferença:

- **Light:** tem **redução de 25%** de todos os componentes em relação à versão comum, uma versão mais “leve”;

- **Diet ou zero:** tem a **ausência** de determinado ingrediente; no caso dos refrigerantes o açúcar é substituído por outros aditivos para realçar o sabor, como os **edulcorantes**.

Mais adiante vamos explicar com mais detalhes essas diferenças, analisando também a questão dietética. Porém, vamos considerar para discussão aqui os ingredientes do refrigerante comum. Vamos analisar agora qual a função de cada componente, considerando a versão comum açucarada, ok?

- **Água:** constitui cerca de 88% da massa total do produto final e deve estar de acordo com alguns requisitos de qualidade para ser empregada na manufatura de refrigerantes.
- **Baixa alcalinidade:** para reduzir o nível de acidez do refrigerante, são adicionados alguns carbonatos e bicarbonatos, que vão interagir com ácidos orgânicos, como o ascórbico ($C_6H_8O_6$) e cítrico ($C_6H_8O_7$). Esse processo, por diminuir a acidez, influencia no aroma da bebida. Mas como será que isso acontece? Vamos olhar de um ponto de vista da Química?

PARA COMPREENDER MELHOR

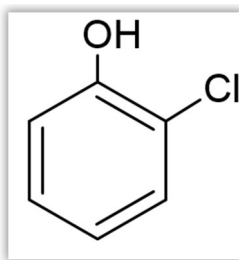
- ❖ O “oposto” de ácido, quimicamente, chamamos de **alcalino**, causado pela presença de bases fortes ou fracas.
- ❖ As bases se dissociam em água, liberando o íon hidróxido (OH^-);
- ❖ As bases fortes têm a capacidade de liberar todos os OH^- , enquanto as fracas só uma parcela;
- ❖ Carbonatos e bicarbonatos são BASES FRACAS, por isso diminuem um pouco a acidez, mas não completamente, só para REGULAR o aroma da bebida;
- ❖ É por isso que falamos que os refrigerantes possuem **baixa alcalinidade** (sinal que tem pouca base e mais ácido), entendeu?

- **Sulfatos e cloretos:** são responsáveis por influenciar na definição do sabor final do refrigerante; porém, em doses elevadas, podem acentuar muito o sabor.

Na Química, dizemos que os grupos químicos Sulfatos (SO_4^{2-}) e Cloretos (Cl^-) são **ânions**, pois possuem carga negativa. Isso quer dizer que essas espécies têm a capacidade de atrair os elétrons de outras espécies químicas (os cátions) para si mesmas, por isso ficam negativas. Interessante, não é?

- **Cloro e fenóis:** o cloro confere um sabor típico de remédio para o refrigerante e também desencadeia reações de oxidação e despigmentação, alterando sua cor original. Já os fenóis oferecem seu sabor típico, principalmente quando combinado com o cloro (clorofenóis);

Figura 8: Fórmula estrutural de um clorofenol, formado a partir da junção da função orgânica fenol (OH ligado ao anel benzênico) e o Cloro (Cl).



Fonte: Os autores.

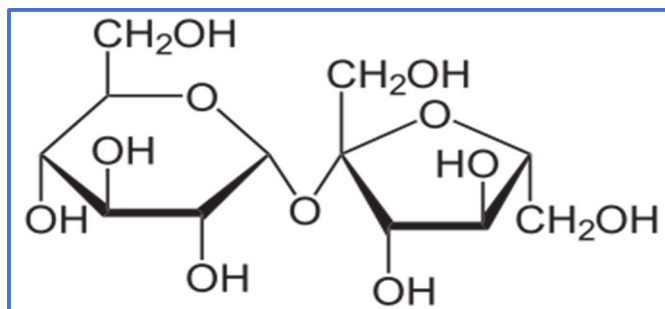
Fenóis são compostos orgânicos oxigenados que apresentam o grupo hidroxila (OH) ligado diretamente a um anel aromático.

Um **anel aromático** apresenta alternância de ligações duplas; observe na fórmula estrutural da Figura 9.

- **Metais:** para acelerar as reações de oxidação, há a presença de Ferro (Fe), Cobre (Cu) e Manganês (Mn), que degradam o refrigerante.
- **Padrões microbiológicos:** para manter todas as condições de higiene adequadas, o processo industrial deve estar de acordo com as exigências sanitárias, garantindo que a água esteja límpida, inodora e livre de microrganismos;

- **Açúcar:** este é o segundo ingrediente de maior quantidade para o refrigerante do tipo comum, cerca de 11% da massa total. Além de conferir um sabor adocicado à bebida, é também responsável por “encorpar” o produto. Juntamente com o acidulante, fixa e realça o sabor, além de ser o ingrediente nutricional responsável por fornecer energia. A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$, formada pela glicose + frutose) é o açúcar mais usado (açúcar cristal);

Figura 9: Sacarose, formada pela união dos monômeros de glicose e frutose.



.Fonte: Wikimedia Commons. Imagem licenciada sob domínio público, via Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saccharose2.svg?uselang=pt-br> Acesso em 28 Fevereiro 2023

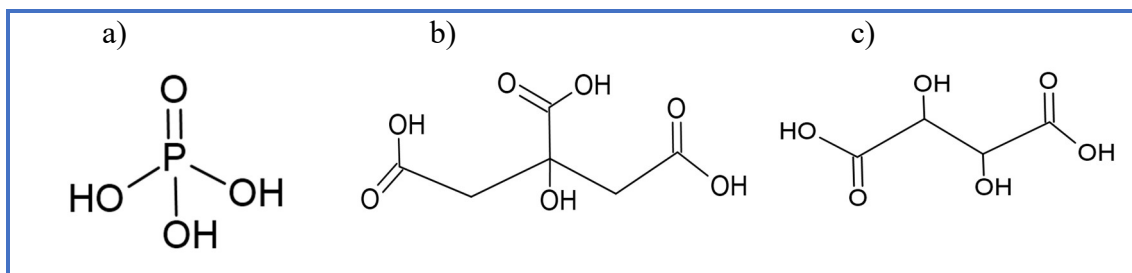
Carboidratos são uma classe de moléculas orgânicas complexas, formados pela união de moléculas menores (monômeros) constituídas principalmente pelos elementos carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). Por este fato, também são conhecidos como hidratos de carbono. São divididos principalmente entre: monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

A sacarose é considerada um **dissacarídeo**, um grupo de moléculas orgânicas pertencente à classe dos **carboidratos**. Ela é formada pela junção de **dois** monômeros (moléculas pequenas), no caso a glicose e frutose, que se unem por meio de uma ligação glicosídica. O grupo hidroxila (OH) de um **carbono assimétrico** da frutose interage com o hidrogênio de outro grupo OH da glicose, formando uma molécula de H₂O. Assim, o oxigênio da glicose se liga ao carbono assimétrico da frutose, resultando então na formação da sacarose.

Carbono assimétrico, ou carbono quiral, é o átomo de carbono que está ligado a outros quatro grupos diferentes entre si.

- **Concentrados:** são os responsáveis por conferir sabor característico aos refrigerantes. São formados por extratos, óleos essenciais e destilados de frutas e vegetais.
- **Acidulante:** tem a função de regular a doçura do refrigerante, realça o paladar e diminui o pH, evitando a proliferação de microrganismos. Os acidulantes mais utilizados são: ácido fosfórico (H_3PO_4), ácido cítrico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) e ácido tartárico ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$).

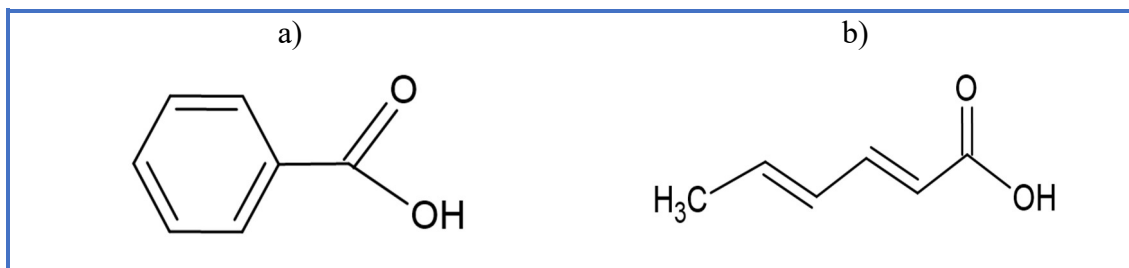
Figura 10: Fórmulas estruturais dos acidulantes mais usados na composição dos refrigerantes. Em a) ácido fosfórico, b) ácido cítrico, c) ácido tartárico.



Fonte: Os autores.

- **Antioxidante:** previne a ação negativa do oxigênio na bebida. Alguns compostos do refrigerante, como aldeídos, ésteres e outros componentes do sabor, são suscetíveis à oxidação. Como a luz solar e o calor aceleram o processo de oxidação, os refrigerantes nunca devem ser expostos à luz solar, devendo ser estocados em ambientes frescos e arejados.
- **Conservante:** como forma de inibir a deterioração causada pela ação de microrganismos como leveduras, mofo e bactérias, são utilizados conservantes. Esses microrganismos são considerados acidófilos, pois vivem em ambientes ácidos, como o caso dos refrigerantes. Os conservantes mais empregados em refrigerantes na indústria são o ácido benzoico ($\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$), que no Brasil possui um teor máximo permitido de 500 mg/100 ml de refrigerante, e o ácido sórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2$), que tem teor máximo permitido de 30 mg/100 ml de refrigerante no país. O primeiro composto tem ação máxima em $\text{pH} = 3$, enquanto o segundo tem ação máxima em $\text{pH} = 6$.

Figura 11: Fórmulas estruturais dos conservantes mais empregados em Refrigerantes. Em a) ácido benzoico, b) ácido sórbico.



Fonte: Os autores.

Analisando as fórmulas estruturais das moléculas de conservantes utilizados, percebe-se que em suas extremidades há uma similaridade, não é mesmo? Ambas apresentam um carbono ligado a um oxigênio (O) e ao grupo hidroxila (OH), que se refere ao grupo de moléculas orgânicas oxigenadas chamadas de ácidos carboxílicos.

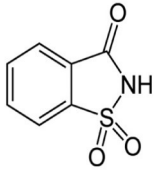
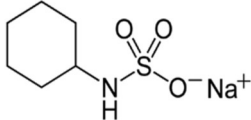
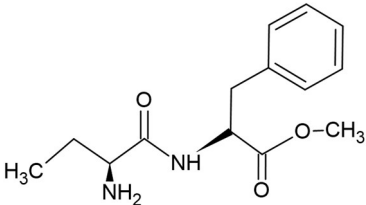
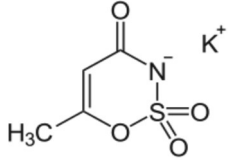
Ácidos carboxílicos são compostos orgânicos que possuem o grupo funcional **carboxila (COOH)**. São constituídos por uma cadeia carbônica ligada a uma carboxila (COOH). Suas características vão depender do tamanho da cadeia à qual está ligada o grupo carboxila.

A nomenclatura oficial atribuída pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) segue as regras normais, com a terminação **-oico**, sendo que muitos nomes usuais têm terminação **-ico**.

Por exemplo, na Figura 12 o ácido benzoico (a) é o nome usual deste ácido; entretanto, a nomenclatura oficial da IUPAC para essa substância é ácido benzeno monocarboxílico. Já para o ácido sórbico (b), a nomenclatura oficial é ácido hex-2,4-dienoico.

- **Edulcorantes:** é empregado em bebidas que substituem a sacarose, no caso dos refrigerantes *diet*, conferindo sabor doce no lugar do açúcar tradicional. Os mais utilizados pela indústria são a Sacarina, Ciclamato de sódio, Aspartame e Acesulfame-K (Tabela 2);

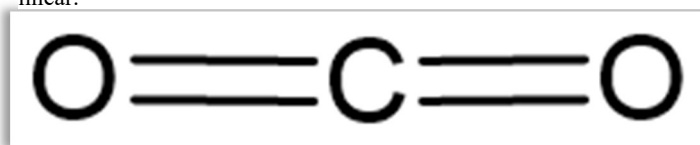
Tabela 2: Relação de edulcorantes mais empregados na indústria.

Nome	Poder adoçante (sacarose = 1)	Ingestão máxima diária (mg/kg de peso corporal)	Estrutura
Sacarina	300-400	5,0	 (C ₇ H ₅ NSO ₃)
Ciclamato de sódio	50	11,0	 (C ₆ H ₁₂ NSO ₃ N)
Aspartame	200	40,0	 (C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O ₅)
Acesulfame-K	200	15,0	 (C ₄ H ₄ NSO ₄ K)

Fonte: Adaptado de LIMA e AFONSO, (2009).

- Gás carbônico (CO₂):** é o responsável por dar vida e aparência à bebida, dando aquela sensação de refrescância característica do refrigerante. Essa ação refrescante está relacionada à solubilidade do gás em líquido, que diminui quando a temperatura aumenta. Tomamos a bebida gelada, mas, no trajeto da boca ao estômago, a temperatura aumenta, o que faz com que o gás se expanda em um processo endotérmico, dando aquela sensação de refrescância.

Figura 12: Fórmula estrutural do dióxido de carbono (CO₂), conhecido como gás carbônico, empregado na gaseificação dos refrigerantes, a partir da sua dissolução no líquido. Apresenta geometria molecular linear.



Fonte: Os autores.

Agora que exploramos o papel que cada componente dá ao sabor final do refrigerante comum com açúcar, vamos discutir as diferenças entre as versões *diet*, *light* e zero do ponto de vista nutricional. Leia no próximo tópico.

Qual a diferença entre os refrigerantes *diet*, *light* e zero?

Qual escolher?

Após o grande sucesso de vendas dos refrigerantes normais, muitas discussões e estudos sobre os prejuízos que a bebida poderia causar à saúde ganharam destaque. Assim, a fama que os refrigerantes ganharam na mídia e com a sociedade não foi, e até hoje não é das melhores. Você já deve ter ouvido falar uma vez ou outra que essa bebida faz mal à saúde e que devemos evitá-la. por conta disso, a indústria de refrigerantes se deparou com uma queda relativa nas vendas do produto e com uma imagem não muito positiva, sendo vista até mesmo como “vilã” da qualidade de vida.

E, é claro, a indústria deu “os seus pulos” e começou a estudar e fabricar outras versões da bebida que são mais leves, isentas de açúcar e mais saudáveis, certo? São as chamadas bebidas *diet*, *light* e zero açúcar. Não só os refrigerantes ganharam essas versões, mas também uma grande variedade de alimentos industrializados. Mas você saberia dizer qual a diferença entre elas? Será que essas bebidas realmente são uma opção saudável? Devemos tomá-las no lugar dos refrigerantes tradicionais? São essas dúvidas que procuramos abordar neste tópico.

Figura 13: As três versões "mais saudáveis" dos refrigerantes são diferentes dos originais e entre si também.



Fonte: Flickr. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/alexa627/5296808886> Acesso em: 28 Fevereiro 2023.

Apesar de parecer óbvio, essas versões são diferentes entre si também, mesmo tendo certa similaridade. Cada versão vai depender do intuito de quem toma e restrições alimentares. Mas é claro que o fator comum que mais as difere da versão original é a quantidade de calorias e açúcar. Porém, essa diferença é bem simples de compreender. Entenda:

Figura 14: Os refrigerantes comuns possuem quantidade de açúcar mais elevada e, por isso, não são recomendados para pessoas que possuem diabetes ou que buscam emagrecer, por exemplo.



Fonte: Flickr. Imagem licenciada sob domínio público, via Creative Commons. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/biblarde/5976878705> Acesso em 28 Fevereiro 2023.

- ❖ **Refrigerante Zero:** como o nome já diz, os produtos do tipo “zero” são totalmente isentos de qualquer quantidade de determinado ingrediente. Como no caso dos refrigerantes, o ingrediente que está ausente é o açúcar. Por isso, ele é recomendado para distúrbios alimentares que envolvam a ingestão de açúcar, como no caso da diabetes. Além disso ele tem bem menos calorias que o refrigerante original e pode ser uma opção pra quem busca a perda de peso.
- ❖ **Refrigerante Diet:** os produtos *diet* também estão isentos de um ou mais nutrientes. No caso dos refrigerantes, o açúcar é substituído por edulcorantes, além de estar isento de gorduras, algumas proteínas etc. Portanto, quem tem diabetes ou outros problemas metabólicos pode tomá-lo. Entretanto, a quantidade de calorias que o produto *diet* tem, dependendo, pode ser maior que a do original, não servindo, por exemplo, para quem quer perder peso.
- ❖ **Refrigerantes Light:** os produtos *light* têm redução de, no mínimo, 25% dos nutrientes em relação ao original. Ou seja, pode conter açúcar, porém em menor quantidade. Portanto, não é indicado para diabéticos, por exemplo, ou pessoas que querem perder peso. A quantidade calórica é um pouco menor em relação ao original.

Afinal de contas, vale a pena substituir o refrigerante original por essas versões? De certa forma, se você consome muito refrigerante e ainda não conseguiu diminuir o consumo, pode ser que tomar a versão zero ou *light* seja uma opção mais saudável. Entretanto, se você tiver algum problema metabólico, como a diabetes, é ideal tomar a versão *diet* ou zero, mas vai ser melhor ainda se abandonar o consumo dessas bebidas industriais, para alternativas mais naturais e orgânicas.

Vale acrescentar também que, por conta da substituição de açúcares e outros nutrientes, essas versões podem ter uma quantidade de sódio e outros aditivos em maior quantidade. Por isso, fique atento aos dados fornecidos nos rótulos dos produtos e, se tiver algum problema metabólico, consulte um médico.

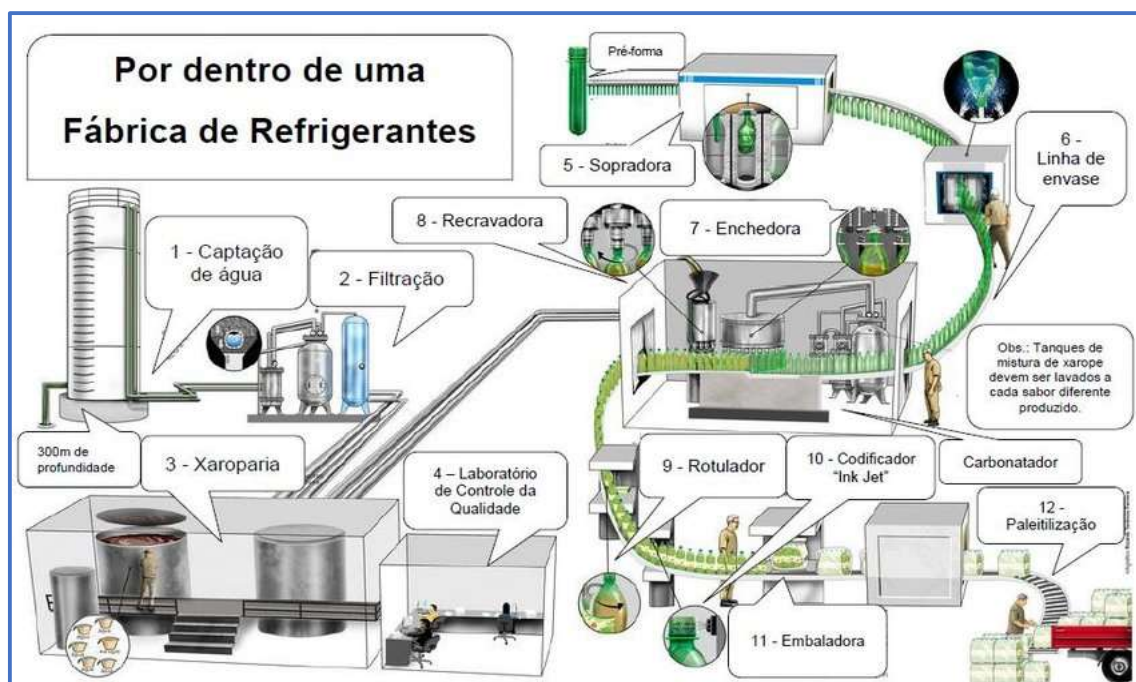
Agora como será que essas bebidas são fabricadas? Quais aparatos tecnológicos são usados na sua elaboração? Vamos discutir isso no próximo tópico.

Como são fabricados os refrigerantes?

Da indústria para sua casa!

Assim como a maioria das indústrias, uma fábrica de refrigerantes possui desde uma estação de tratamento de água até um polo de fabricação de embalagens para envasamento. Para que você possa ter uma ideia de como isso pode ser, veja na Figura abaixo uma ilustração esquemática que mostra todos os setores de uma fábrica de refrigerantes, até sair pronto para chegar nas prateleiras do mercado.

Figura 15: Ilustração esquemática sobre a estrutura geral de uma fábrica de refrigerantes



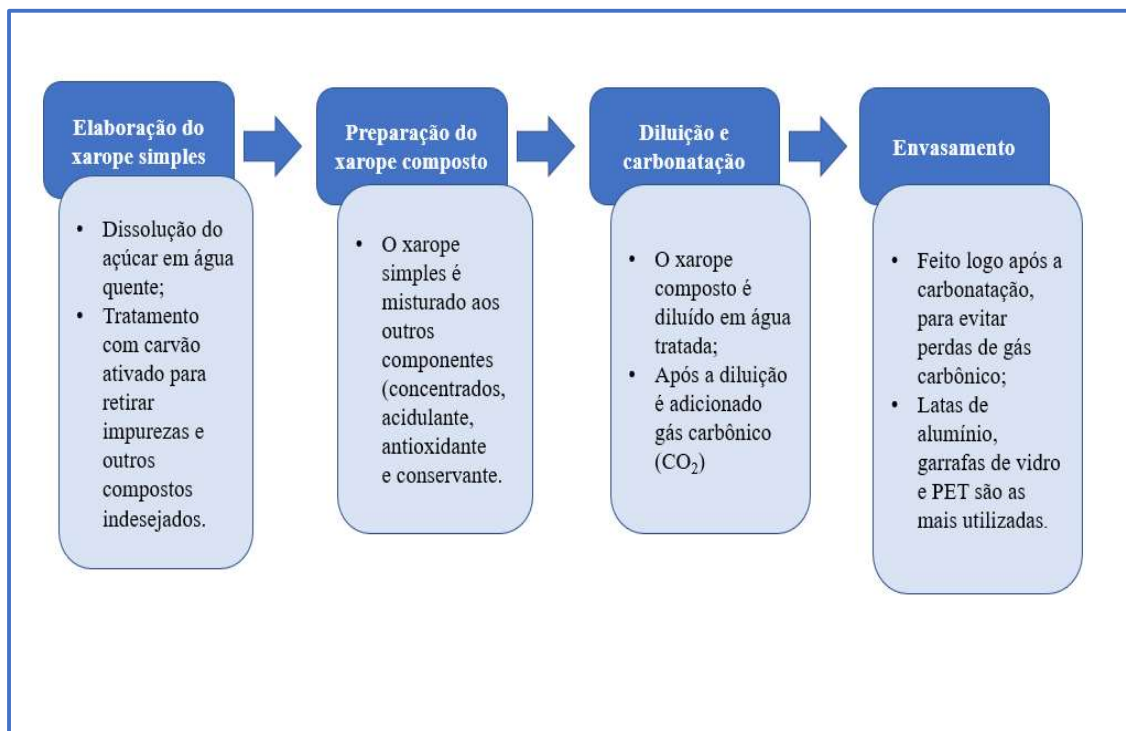
Fonte: Lima (2009) apud. Moura; Ribeiro (2019).

Podemos resumir o processo de fabricação dos refrigerantes basicamente como uma carbonatação (adição de CO_2) de xaropes compostos diluídos em água, que imediatamente são envasados para evitar a perda de CO_2 . Esses xaropes geralmente são feitos acrescentando ingredientes ao xarope simples e vão depender do sabor do refrigerante. Além disso, para um processo em escala industrial, todo o processo é automatizado e não necessita de ações manuais. Em geral, as etapas de fabricação de refrigerantes são:

- elaboração do xarope simples;
- elaboração do xarope composto;
- diluição e carbonatação;

- envasamento.

Figura 16: Descrição simplificada das etapas de fabricação de um refrigerante.

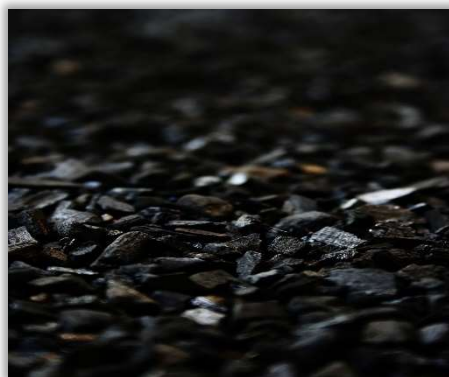


Fonte: Os Autores.

Você deve ter percebido que, para compreender como o refrigerante é fabricado em escala industrial, basta entendermos que, de forma geral, tudo se resume a preparar o xarope composto a partir do xarope simples, para que seja diluído em água e gaseificado na fase de carbonatação. Obviamente que tudo isso é feito a partir de proporções fixas dos ingredientes e varia de cada marca e sabor. Na etapa de elaboração do xarope simples,

O fenômeno da **adsorção** é o processo no qual um componente é transferido da fase líquida ou gasosa para a superfície de um adsorvente na fase sólida. O componente que foi unido à superfície sólida é chamado de adsorvato. Em geral, o adsorvente possui poros capazes de unir outras substâncias ao seu redor.

Figura 17: Carvão ativado é um adsorvente empregado na limpeza de impurezas em vários ramos da indústria.



Fonte: Hippopx. Imagem licenciada sob domínio público, via Creative Commons. Disponível em: <https://www.hippopx.com/pt/blur-briquettes-carbon-charcoal-close-up-coal-361935> Acesso em: 28 Fevereiro 2023.

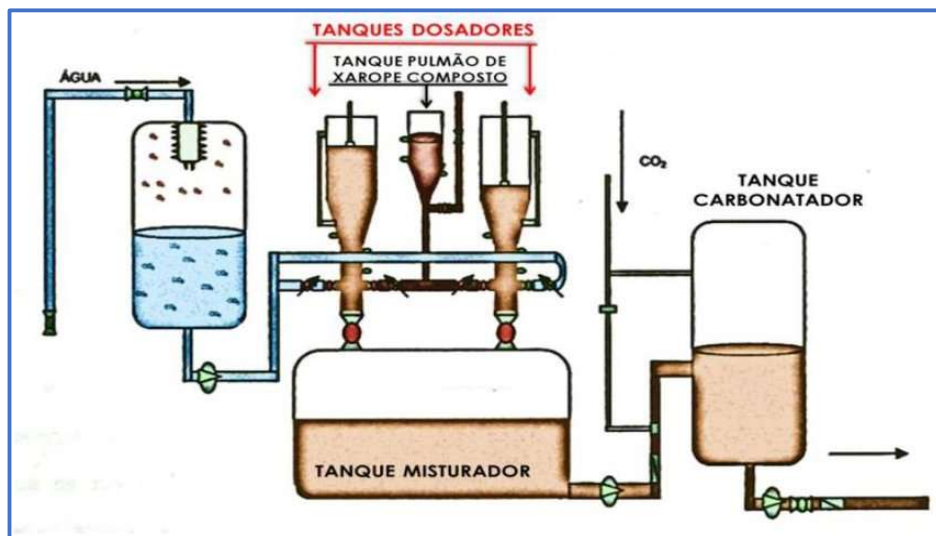
utiliza-se o carvão ativado para retirar impurezas e outras substâncias indesejadas, por meio de um processo chamado adsorção.

Na fase da elaboração do xarope composto é que se identifica o sabor e o tipo do refrigerante, dependendo da “fórmula” que cada fabricante adota em seus produtos, podendo ainda adicionar o suco da fruta que se pretende ter o sabor.

A fase da carbonatação é uma etapa muito importante na fabricação de refrigerantes. É nela que as principais características da bebida ganham corpo, como a sensação de frescor e o aroma. Uns podem ter mais gás dissolvido do que outros, tudo depende do sabor e da marca do fabricante. Vimos que no surgimento dos refrigerantes, quando ainda não havia as embalagens, as bebidas eram gaseificadas e consumidas na hora. E nos tempos atuais, como que é feita a carbonatação dos refrigerantes? Qual tecnologia é usada para isso?

Hoje em dia, com os aprimoramentos do aparato tecnológico industrial, a carbonatação dos refrigerantes é feita por um equipamento chamado *Carbo-Cooler*. Quando o xarope composto é proporcionalmente diluído em água tratada, chega o momento em que ele será carbonatado. Essa são as tarefas que o *Carbo-Cooler* faz: diluir o xarope composto em água e adicionar gás carbônico ao xarope diluído para, em seguida, entrar no processo de envasamento. Veja, na Figura a seguir, mais detalhes sobre o processo que o *Carbo-Cooler* faz.

Figura 18: Ilustração esquemática sobre o processo de carbonatação dos refrigerantes no Carbo-Cooler



Fonte: Pereira (2001) apud. Moura; Ribeiro (2019).

Para evitar as perdas de gás carbônico, o refrigerante é envasado imediatamente após a carbonatação, sendo colocado em embalagens como garrafas PET, latas de alumínio ou recipiente de vidro. Você sabia que o refrigerante é uma das bebidas mais envasadas em garrafas PET do mundo? Em uma fábrica especializada em envasamento, a *Coca-Cola Andina*, é utilizado um equipamento moderno com tecnologia ERGOBLOC, que tem a capacidade de envasar 37000 garrafas de 2 litros por hora. Para se ter uma ideia, há pouco tempo atrás a capacidade máxima de envasamento que se tinha para garrafas de 2 litros, era de 24000 por hora.

Figura 19: 37000 garrafas de 2 litros podem ser envasadas por hora.



Fonte: Pixnio. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://pixnio.com/pt/media/garrafa-glass-container-equipamentos-industria> Acesso em: 28 Fevereiro 2023

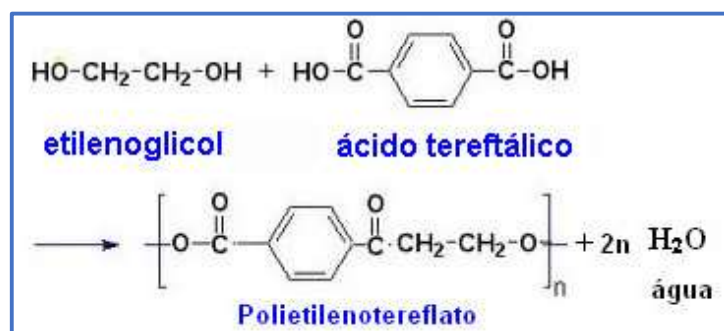
Como as embalagens de refrigerantes podem causar impactos ambientais?

Esses dados no tópico anterior sobre o envasamento de refrigerantes, ao mesmo tempo que nos dizem que o consumo de refrigerantes é muito grande, também trazem uma preocupação ambiental, não é mesmo? Afinal, onde vai parar esse tanto de garrafas plásticas depois que consumimos o refrigerante? Como essas garrafas podem trazer prejuízos para o meio ambiente?

Primeiramente, vamos compreender do que são formadas as garrafas de plástico. Como você já deve ter ouvido falar, elas são feitas do material PET, abreviatura para o polímero polietilenotereftalato. Esse polímero é muito utilizado na indústria alimentícia no geral, pois, além de ter um custo produtivo razoavelmente mais barato do que outras formas de envasamento, apresenta características satisfatórias para seu uso, como: fácil manuseio, transporte em maior quantidade e barato e mais segurança se comparado às embalagens de vidro, por exemplo.

O problema é que esse polímero tem uma degradação muito lenta no meio ambiente, cerca de 400 anos, e não é assimilado naturalmente. Como qualquer **polímero**, o PET é uma macromolécula (molécula grande) formada a partir da junção de duas outras moléculas pequenas (monômeros), feito artificialmente, por isso se enquadra como um polímero sintético. A essa junção dos monômeros damos o nome de reação de polimerização pois a partir desses monômeros é formada uma cadeia extensa de vários Polietilenotereftalatos ligados um ao outro repetidamente, que está representada na imagem a seguir. Como no processo há liberação de água (H_2O), dizemos que o PET se polimeriza por **condensação**.

Figura 20: Reação de polimerização que leva a formação do polímero PET, a partir do etilenoglicol e ácido tereftálico.



Fonte: Wiki Commons. Imagem licenciada sob domínio público via Wiki Commons. Disponível em:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pet_rea%C3%A7%C3%A3o.jpg

Acesso em: 28 Fevereiro 2023

Polímeros são macromoléculas formadas pela união de várias outras moléculas menores, denominadas de **monômeros**, ligadas repetidamente.

A reação de formação de um polímero é denominada de **polimerização**, sendo a reação entre monômeros diferentes chamadas de **polimerização por condensação**, na qual há eliminação de água.

Uma observação importante no sentido de classificação dos polímeros é que o PET é considerado um **copolímero**, pois é formado por dois monômeros diferentes. Já um **homopolímero** é formado pelo mesmo monômero e os **polímeros de precisão** são formados por mais de dois monômeros diferentes (Figura 22).

Em levantamento feito pela Euromonitor Internacional e revelado pelo jornal britânico The Guardian, um milhão de garrafas plásticas são vendidas a cada minuto no mundo. Esse número fica ainda mais assustador quando se leva em consideração que, por ano, o mundo consome cerca de 500 bilhões delas, a maioria na forma de bebidas, como os refrigerantes. Logo, é urgente que medidas para reutilização dessas garrafas sejam praticadas no nosso cotidiano, na tentativa de reduzir o lixo gerado, que não é reutilizado. Por isso, é muito importante que essas garrafas não sejam descartadas, mas sim reutilizadas, concorda?

Além de todos os problemas gerados pelo acúmulo de lixo, como a contaminação de águas subterrâneas e a queima de lixo que libera alta carga de gases nocivos à atmosfera, contribuindo com os efeitos do aquecimento global, as garrafas plásticas, quando descartadas incorretamente, geram poluição dos rios e mares também. Um relatório feito pela Fundação Ellen MacArthur estima que se esse ritmo de descarte inadequado continuar, o número de garrafas plásticas nos oceanos em 2050 superará o número de peixes. Preocupante, não é?

Figura 21: O descarte inadequado de garrafas PET aumenta o acúmulo de lixo.



Fonte: Pxhere. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons.
Disponível em: <https://pxhere.com/pt/photo/824392> Acesso 28 Fevereiro 2023

Diante dessa situação, você concorda que repensar certas práticas é uma necessidade urgente? Para isso, podemos adotar hábitos que podem ajudar a reduzir os impactos ambientais e prejuízos no meio ambiente. Veja algumas ações que podem conscientizar a adoção de boas práticas:

- ✓ reduzir o consumo de refrigerantes com garrafas descartáveis;
- ✓ optar por recipientes reutilizáveis;
- ✓ não descartar garrafas PET, latas ou recipientes de vidro no meio ambiente;
- ✓ sempre procurar formas de reutilizar as garrafas descartáveis;
- ✓ na impossibilidade de reutilização pessoal, doar ou até mesmo vender para centros de reciclagem;
- ✓ se for realizar o descarte, que o faça em centros de coleta seletiva ou realizando a separação correta se na sua cidade houver a coleta móvel;
- ✓ conscientizar seus amigos, familiares, colegas para que façam o descarte correto do lixo.

Entretanto, não são somente as embalagens plásticas que vêm causando prejuízos ambientais. As garrafas de vidro e as latas de alumínio, por exemplo, se forem descartadas no meio ambiente irregularmente, podem causar até queimadas durante os períodos de seca severa. A luz do sol é refletida pelo alumínio ou vidro e, estando associado ao período quente e seco, pode-se causar focos de incêndios que poderiam ser evitados.

Figura 22: As embalagens de alumínio e vidro também podem causar prejuízos ambientais se descartadas no meio ambiente, causando queimadas nos períodos de seca.



Fonte: Wikimedia Commons. Imagem licenciada sob domínio público via Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seca_e_queimada_no_cerrado_03.jpg Acesso em 28 Fevereiro 2023.

Pode até parecer que não, mas sua ação e a dos outros faz diferença no final das contas. Afinal, o planeta é o nosso lar e devemos cuidar dele para evitar problemas maiores no futuro.

Os impactos ambientais causados pela indústria de refrigerantes

Como discutimos no tópico anterior, o descarte inadequado das garrafas plásticas, de vidro e latas de alumínio ganharam atenção devido aos prejuízos ambientais que podem causar. Entretanto, como qualquer indústria, a geração de resíduos poluentes e nocivos ao meio ambiente é um problema que precisa ser esclarecido e seus impactos reduzidos com boas práticas. Como a indústria de refrigerantes também pode produzir poluentes ao meio ambiente devido à fabricação da bebida?

Para analisarmos como esses resíduos são produzidos, leia este texto extraído de uma página da internet sobre o gerenciamento de resíduos industriais para melhorar o desempenho de preservação ambiental.

PARA SABER MAIS

Antes mesmo de chegar às nossas mesas, as bebidas passam por um elaborado processo de fabricação, no qual uma grande quantidade de água e energia é usada em cada etapa de produção.

No Brasil, a produção de refrigerantes destaca-se como o principal item do setor de bebidas, seguida pela produção de cervejas. Os resíduos sólidos gerados na fabricação de refrigerantes decorrem principalmente dos processos de envase e de acondicionamento. Entre estes resíduos podemos destacar:

- latas de alumínio, garrafas PET e vasilhames defeituosos;
- resíduos de papel, papelão e plásticos de embalagens;
- borras de rótulos de lavagem de garrafas;
- e garrafas de vidro.

Já os efluentes líquidos resultam:

- das etapas de lavagem, tanto de vasilhames quando de equipamentos ou das instalações;
- de lotes não conformes;
- e de perdas resultantes do processo.

Dentre os desafios que a indústria de bebidas encontra quanto à gestão dos resíduos, é o atendimento integral da Política Nacional de Resíduos Sólidos que inclui priorizar a minimização dos resíduos, reaproveitar materiais, reciclar e reduzir desperdícios.

FONTE: <https://meuresiduo.com/categoria-1/a-gestao-de-residuos-na-industria-de-bebidas/>

Percebeu que até mesmo as indústrias precisam se atentar para reduzir e evitar o acúmulo de resíduos? Sendo assim, vale a pena destacar que o reaproveitamento de resíduos e o tratamento correto dos efluentes químicos produzidos no processo de fabricação sejam empregados para melhorias na preservação ambiental.

Entretanto, será que essas indústrias fazem esse tratamento e essa reutilização de forma adequada? Nesse sentido, a legislação ambiental vem como modo de fiscalizar as condições necessárias para melhora no desempenho ambiental. Um estudo publicado na *Revista Contemporânea de Contabilidade*, da Universidade federal de Santa Catarina (UFSC), ao analisar o quão sustentável é uma indústria de bebidas do Rio de Janeiro, elencou alguns pontos de atenção para determinar se a indústria adota ou não práticas sustentáveis. São elas:

- ✓ elaborar produtos com maior durabilidade;
- ✓ desenvolver embalagens de fácil decomposição;
- ✓ tentar comprar uma quantidade maior de produtos reciclados;
- ✓ procurar minimizar ao máximo todos os resíduos que causam impactos ao meio ambiente;
- ✓ utilizar recursos naturais renováveis no processo produtivo;
- ✓ fazer com que o processo produtivo consuma menos energia e não produza tantos resíduos sólidos e líquidos;
- ✓ diminuir o consumo de água tanto no processo produtivo como em toda a organização.

Esses critérios são a base para cobrança e reflexão sobre os prejuízos ao meio ambiente gerados pela indústria de refrigerantes. Nesse estudo, por exemplo, a indústria de bebidas ficou com avaliação muito baixa no critério de “Utilizar recursos naturais renováveis no processo produtivo”, o que chama a atenção para a incorporação de recursos sustentáveis nos meios produtivos, não é mesmo?

Agora, vamos nos dedicar a abordar um pouco mais sobre outros conhecimentos químicos que podemos aprender quando falamos sobre os refrigerantes.

Explicando a solubilidade dos gases com os refrigerantes

Como é possível um gás se dissolver em um líquido, como no caso dos refrigerantes? Isso mesmo, não são somente sólidos que podem ser dissolvidos em água, mas também os gases. É graças a isso, por exemplo, que os peixes conseguem sobreviver, respirando o gás oxigênio que está dissolvido na água. Obviamente, no caso dos refrigerantes isso é mais evidente, pois quando abrimos a tampa da garrafa ou o lacre de uma latinha, escutamos aquele gostoso barulho do gás saindo, não é mesmo? Como isso acontece, afinal?

Existem alguns fatores que influenciam na **solubilidade dos gases**. a temperatura e a pressão são algumas das mais importantes. Vamos analisar como estes fatores fazem com que os gases se dissolvam no líquido, dando origem aos refrigerantes e outras bebidas gaseificadas.

- **Efeito da pressão:** quanto maior a pressão exercida sobre o gás na superfície de um líquido, maior é a chance de o gás colidir com a superfície e “entrar” no líquido, aumentando a solubilidade. Portanto, **quanto maior a pressão, mais gases serão dissolvidos**. É por isso que, quando abrimos uma garrafa de refrigerante, como estamos diminuindo a pressão, percebemos algumas bolhas saindo (efervescência), que na verdade são os gases CO_2 dissolvidos saindo do líquido. Para os refrigerantes serem carbonatados, como vimos no processo de fabricação, é necessário aumentar a pressão dos gases CO_2 sobre o xarope diluído, para que sejam dissolvidos.

Figura 23: As bolhas saem do refrigerante devido a diminuição da pressão, que diretamente diminui a solubilidade dos gases.



Fonte: Pxhere. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://pxhere.com/pt/photo/1455475> Acesso em: 28 Fevereiro 2023.

- **Efeito da temperatura:** na forma gasosa as moléculas estão agitadas, em constante movimento. Quando aumentamos a temperatura, aumentamos essa agitação, o que faz com que os gases se desprendam e rompam a superfície dos líquidos com mais facilidade. Ou seja, **quanto maior a temperatura, menos gases estarão dissolvidos em líquidos**. Você já percebeu que o refrigerante gelado tem mais gases dissolvidos do que o refrigerante quente? É por conta dessa influência da temperatura. Por isso, essa bebida tem um sabor mais agradável quando consumida gelada do que de forma natural.

Figura 24: Refrigerantes gelados têm mais gases dissolvidos do que quentes ou naturais.



Fonte:Pxhere. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em <https://pxhere.com/pt/photo/1455455> Acesso em: 23 Fevereiro 2023

Vimos nos textos anteriores que o gás dissolvido nos refrigerantes é o gás carbônico (CO_2). Na verdade, as bebidas gaseificadas têm este gás dissolvido, por isso esse processo é denominado de **carbonatação**. Mas você já deve ter ouvido alguém dizer, ou mesmo lido em algum jornal, que os refrigerantes são ácidos. E afinal, o que faz uma substância ser considerada ácida? Por que os refrigerantes são ácidos? Por que quando tomamos refrigerante, ocorre a eructação (arroto)? Vamos explicar isso por meio da química, no tópico a seguir.

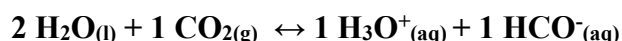
Outros conceitos da Química a partir dos refrigerantes

Na Química, existem algumas teorias que estabelecem o que é considerado uma substância ácida. São conhecidas como teorias ácido-base, mas, para tratarmos dos refrigerantes, vamos utilizar a teoria ácido-base de Arrhenius, químico russo que propôs essa definição:

Ácido: toda espécie química que, em contato com a água, forma íons hidrônio H_3O^+ ou H^+ .

Base: toda espécie química que, quando em contato com a água, forma íons hidróxido OH^- .

No caso do refrigerante, dizemos que ele tem caráter ácido, pois, no processo de dissolução do gás carbônico (CO_2) em água, por meio de uma reação em **equilíbrio químico** ($\leftrightarrow$), é formado o ácido carbônico (H_2CO_3) e íons hidrônio (H_3O^+):



Portanto, como os refrigerantes possuem a mistura de água com CO_2 , quando o abrimos e bebemos, estamos ingerindo ácido carbônico também.

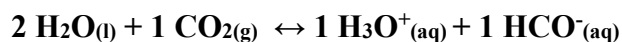
PARA SABER MAIS

Muitas reações químicas não acabam quando os reagentes formam os produtos, de forma direta. Na verdade, muitas das reações acontecem nos dois sentidos: os reagentes formam os produtos (**reação direta**) e os produtos também formam novamente os reagentes (**reação inversa**), simultaneamente. Não percebemos isso a olho nu, mas microscopicamente está acontecendo. Quando as velocidades dessas duas reações se igualam e a concentração de reagentes e produtos se torna constante, dizemos que a reação entrou em **Equilíbrio Químico**. Essas reações são representadas pelo símbolo da reversibilidade ($\leftrightarrow$), como no exemplo anterior do CO_2 na água dos refrigerantes.

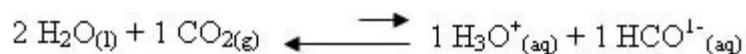
Essa condição de equilíbrio, entretanto, pode sofrer algumas perturbações externas, fazendo com que ele sofra alguns deslocamentos. Resumidamente, os **Fatores que alteram o Equilíbrio Químico** são concentração, pressão e temperatura. Isso foi estudado pelo químico francês Le Chatelier, cujo princípio da Química leva seu nome:

O Princípio de Le Chatelier estabelece que, quando uma perturbação externa atinge um sistema em equilíbrio, o sistema tende a se deslocar para que o equilíbrio seja reestabelecido.

O fator da concentração, por exemplo, contribui para que ocorra a eructação (arroto) depois de tomarmos aquele refrigerante bem gelado. Vamos analisar a equação de equilíbrio quando ingerimos o refrigerante:



Como em nosso estômago contém ácido clorídrico (HCl), que forma íons hidrônio (H_3O^+), a concentração de H_3O^+ do sistema é aumentada, causando uma perturbação. E, partindo do Princípio de Le Chatelier, o sistema vai se deslocar para a esquerda, no sentido de se formarem mais reagentes, no caso água H_2O e gás carbônico CO_2 . Assim, como a produção de gás carbônico aumenta, temos então a eructação (arroto), para liberação de CO_2 formado pelo deslocamento do equilíbrio. Podemos representar uma seta maior para a esquerda para indicar o deslocamento no sentido de formar mais reagentes (entre eles o CO_2):



Entendeu, então, por que “arrotamos” quando tomamos aquele refrigerante gelado? A Química explica.

Agora, no próximo tópico vamos discutir sobre alguns mitos e verdades associados aos refrigerantes, a partir de um ponto de vista da Química.

Mitos e verdades sobre a química dos refrigerantes

- **Refrigerantes do tipo cola podem corroer ossos de galinha?**

Verdade. Porém, não é o refrigerante em si que faz isso, e sim o ácido fosfórico e o ácido carbônico contidos na bebida. Tanto os ossos humanos quanto os de galinha são constituídos por carbonato de cálcio (CaCO_3), que em contato com um ácido, se dissolve formando gás carbônico (CO_2) e água (H_2O). Mas é claro que isso acontece quando deixamos o osso em contato direto com o líquido do refrigerante por algum tempo. Obviamente, isso não ocorre quando bebemos um refrigerante, que vai direto para o sistema digestório e não entra em contato direto com nossos ossos.

Refrigerantes e Cálcio: um problema para os ossos!

Considerando essas informações e que o ácido presente nos refrigerantes, como vimos nos tópicos anteriores, é o ácido fosfórico (H_3PO_4), a reação que se tem é a seguinte:



Repare na reação que o cálcio (Ca^{2+}) se une ao grupo fosfato (PO_4^{3-}), formando outro sal, o fosfato de cálcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Com isso, outra discussão que tem chamado a atenção é que o consumo de refrigerantes diminui a fixação de cálcio pelo organismo, mineral fundamental para os ossos, já que, quando bebemos o refrigerante, estamos ingerindo ácido fosfórico também, que leva à formação do fosfato de cálcio, eliminado facilmente pelo organismo.

Assim, o cálcio do organismo é eliminado quando bebemos refrigerantes. Por isso o consumo exagerado dessas bebidas pode causar problemas a longo prazo para os ossos, como a osteoporose.

FONTE: <https://quimicaresponde.proec.ufabc.edu.br/?p=292>

- **Refrigerantes podem tirar ferrugem?**

Mito. Apesar de os refrigerantes conterem em sua composição o ácido fosfórico (H_3PO_4), uma substância muito utilizada para a pintura de lataria de carros, a quantidade presente é muito pequena. Para executar essa “limpeza” com eficiência e assim eliminar a ferrugem, seriam necessárias quantidades bem mais altas de ácido fosfórico, o que não é o caso dos refrigerantes.

Figura 25: É falso que os refrigerantes podem tirar a ferrugem.



Fonte: Pxhere. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://pxhere.com/pt/photo/776135> Acesso em: 28 Fevereiro 2023

- **Refrigerantes servem para desentupir pias?**

Mito. A explicação para essa questão é parecida com a do caso da ferrugem. Realmente, muitos produtos de limpeza têm em sua composição o ácido fosfórico (H_3PO_4), o mesmo usado nos refrigerantes, porém em quantidades bem maiores. Para se ter noção, nos refrigerantes essa substância chega somente a 0,6% da composição da bebida, servindo apenas para intensificar o sabor e conservar o produto. Portanto, se você estava pensando em desentupir uma pia com refrigerantes, é melhor comprar logo um produto específico e que terá doses mais altas do ácido.

Figura 26: Utilizar refrigerantes para desentupir pias não vai resolver o problema. O ideal é ter produtos de limpeza específicos que possuem doses maiores de ácidos



Fonte: Wikimedia Commons. Imagem licenciada sob domínio público via Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cleaning_agents_-_Botzm%C3%ABttel.jpg?uselang=pt-br Acesso em :28 Fevereiro 2023

- **Refrigerantes corroem os dentes?**

Verdade. Por serem ácidos, os refrigerantes corroem os dentes em um processo chamado de desmineralização do esmalte dental. Isso ocorre porque, quando consumimos os refrigerantes, os níveis de acidez da saliva são alterados, o que acaba por dissolver o fosfato de cálcio nos dentes, desgastando o esmalte dental. Então, sempre é recomendado escovar os dentes depois de tomar refrigerantes.

Figura 27: O processo de desmineralização do dente é provocado pela presença de ácido na saliva, que retira o cálcio dos dentes, contribuindo para a formação de cárie



Fonte: PublicDomainPictures. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://www.publicdomainpictures.net/pt/view-image.php?image=260307&picture=dente-quebrado> Acesso em :28 Fevereiro 2023

- **Tomar refrigerantes de cola com pastilhas porosas pode explodir o estômago?**

Pode ficar tranquilo que isso é um mito. Provavelmente você já deve ter vistos vários vídeos na internet mostrando a reação da mistura de pastilhas com refrigerantes de cola, causando borbulhas que se liberam rapidamente. Isso é impossível de acontecer no sistema digestório, pois o ácido clorídrico (HCl) presente no estômago neutraliza a mistura. Adiante vamos explicar por que acontece aquela reação.

Figura 28: A reação que ficou famosa em vídeos na internet é impossível de acontecer no estômago.



Fonte: Flickr. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: https://www.flickr.com/photos/paul_apple_yard/3767888503 Acesso em: 28 Fevereiro 2023

- **Refrigerantes podem ser usados como inseticidas?**

Mito. Na verdade, eles atraem os insetos, mas não têm o poder de eliminá-los. Essa discussão surgiu porque muitos indianos têm o costume de pulverizar refrigerantes para atrair formigas vermelhas que se alimentam das larvas de insetos nocivos. Mas quaisquer bebidas adoçadas teriam o mesmo efeito.

- **Refrigerantes de cola tiram o sono?**

Na prática, vai depender muito da pessoa. Porém, a maioria dos refrigerantes tipo cola têm cafeína em sua composição. Por exemplo, em uma das marcas mais consumidas, são encontrados cerca de 35 mg de cafeína em uma lata de 350 ml. Em comparação, são encontrados em média 72 mg de cafeína em uma xícara de café expresso de 62 ml. Portanto, se você beber cerca de duas latinhas de 350 ml de refrigerantes cola em geral, pode ser que tire seu sono por conta do efeito da cafeína. Porém, em muitas pessoas esse efeito pode não ser sentido, depende da sensibilidade com a cafeína e outras condições de saúde.

Figura 29: Muitos refrigerantes, geralmente do tipo cola, possuem certa quantidade de cafeína.



Fonte: PublicDomainPictures. Imagem licenciada sob domínio público via Creative Commons. Disponível em: <https://www.publicdomainpictures.net/pt/view-image.php?image=68918&picture=os-graos-de-cafe-em-uma-colher> Acesso em 28 Fevereiro 2023

Vimos em um desses tópicos sobre a reação de pastilhas porosas (gomas de mascar) com refrigerantes cola. No quadro a seguir, você vai aprender mais sobre este tema:

CURIOSIDADE

Entenda por que a mistura de refrigerantes com pastilhas é bombástica:

- 1) A grande estrela da mistura é o gás carbônico. Na fabricação do refrigerante, ele é bombeado a alta pressão, para aumentar sua solubilidade no líquido. Por isso, qualquer alteração no refrigerante pode estimular o gás a tentar escapar.
- 2) As pastilhas de mascar porosas possuem vários buracinhos (poros). Eles são como uma espécie de ímãs para as bolhas de gás do refrigerante. Quando a bala cai no refrigerante, ela vai caindo até chegar no fundo da garrafa e, nesse trajeto, vai juntando em seus poros as bolhas de gás que se unem e vão ficando cada vez maiores.
- 3) Na composição dessas pastilhas, há gelatina e goma arábica, que quebram a tensão superficial, dissipando mais energia e agitando ainda mais as moléculas de gás.
- 4) Para “piorar”, o ácido cítrico presente nas balas vai se dissolvendo e provoca uma série de reações, gerando mais bolhas. Como elas são mais leves, tendem a subir e se fundir, arrastando o líquido de refrigerante consigo até estourar pelo gargalo da garrafa e ter a reação “explosiva” que muitos já viram na internet.

FONTE: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/12-mitos-e-verdades-sobre-a-coca-cola/>

Figura 30: Mistura de pastilhas de mascar com refrigerante cola.



Fonte: Wikimedia Commons. Imagem licenciada sob domínio público via Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ShimadaK2007Sept09-MentosGeyser_DSC_3294%2B%2B.JPG
Acesso em 28 Fevereiro 2023

Os efeitos dos refrigerantes em nosso organismo e o problema da obesidade

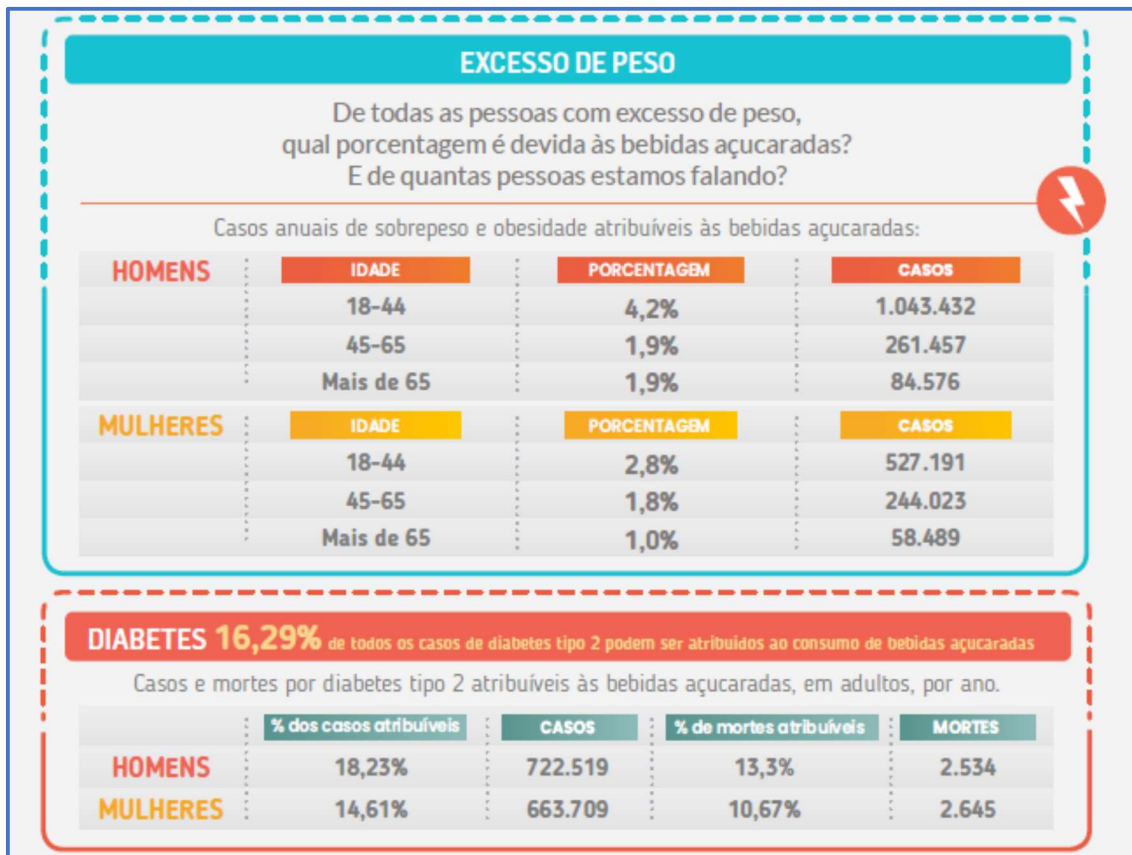
Já reparou que após tomar um refrigerante, principalmente os de guaraná ou cola, temos a sensação que estamos mais despertos, e às vezes até levemente inquietos? Esses são um dos efeitos que eles causam em nosso metabolismo. Confira os efeitos dos refrigerantes em até 60 minutos depois da ingestão.

- **Em 10 minutos:** é como ingerir 10 colheres de açúcar, 100 % do recomendado por dia;
- **Em 20 minutos:** o fígado transforma o açúcar em gordura;
- **Em 40 minutos:** a cafeína dilata as pupilas, sobe a pressão e o fígado bombeia mais açúcar;
- **Em 45 minutos:** aumenta a produção de dopamina, funcionando como a heroína;
- **Em 50 minutos:** aumenta o metabolismo e a excreção de cálcio na urina, uma das causas da osteoporose;
- **Em 60 minutos:** você urina, colocando para fora o cálcio, magnésio e zinco, que farão falta no organismo.

Se você é acostumado a tomar muitos refrigerantes, tome cuidado. O consumo frequente e excessivo causa muitos problemas de saúde. A longo prazo, por exemplo, você pode desenvolver diabetes, osteoporose e aumento da pressão arterial. Mas um problema quem vem sendo constantemente associado ao consumo de refrigerantes é a obesidade. Fique alerta! E se você chegar em um ponto que não consegue mais parar de tomar refrigerante? Só te trará problemas; portanto, o consumo deve ser moderado e, em alguns casos, até mesmo evitado. Opte por uma alimentação mais saudável, ingerindo sucos naturais, por exemplo.

Para você ter uma ideia, no Brasil, cerca de 2,2 milhões de pessoas adultas e 721 mil crianças e adolescentes estão com obesidade ou sobrepeso devido à ingestão exagerada de bebidas açucaradas, e os refrigerantes entram nessa conta. Desse montante, cerca de 55% são adultos e 12% são crianças. Como essas bebidas contêm muitas calorias, o excesso de açúcar é armazenado em nosso corpo na forma de gordura. Logo, com uma taxa de gordura mais alta do que o recomendado para o seu corpo, os riscos do desenvolvimento de doenças cardiovasculares, doenças cerebrovasculares (AVC), diabetes, insuficiência renal entre outras, são maiores do que em indivíduos que evitam a bebida.

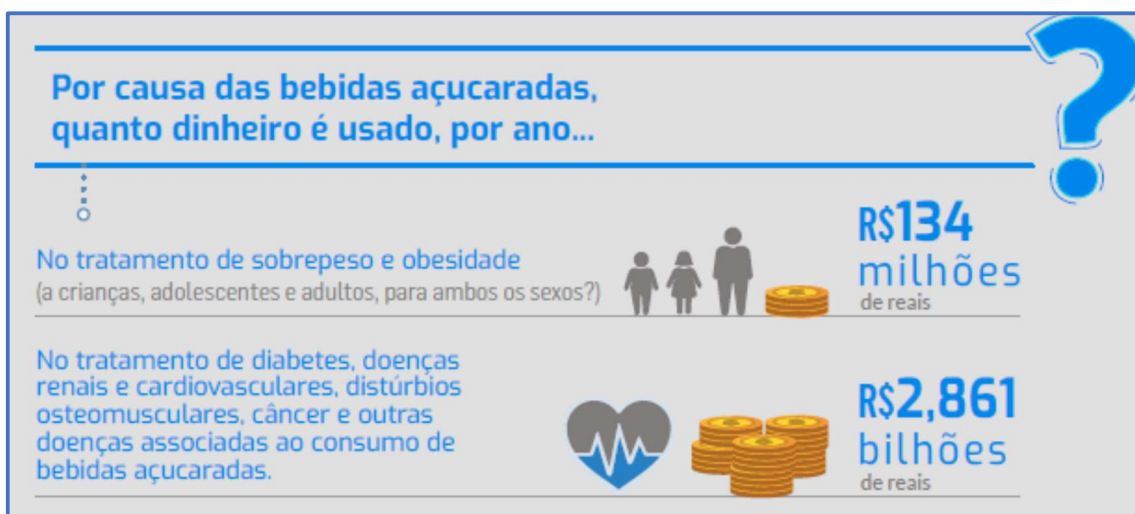
Figura 31: Registro de tela de infográfico elaborado pelo Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria (IECS) sobre os dados de sobrepeso, obesidade e incidência de diabetes associadas às bebidas açucaradas no Brasil.



Fonte: Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria. Disponível em <https://actbr.org.br/uploads/arquivos/IECS-e-Infografi%CC%81as-bebidas-azucaradas-Brasil.pdf> Acesso em: 28 Fevereiro 2023

Mas não é só a nossa saúde que é prejudicada. Os gastos públicos com doenças relacionadas às bebidas também aumentam consideravelmente. O Sistema Único de Saúde (SUS) gasta, anualmente, cerca de R\$ 3 bilhões no tratamento de doenças associadas ao consumo de bebidas açucaradas como o refrigerante. Isso representa 0,44% do que o país gasta em saúde no total. Número bastante expressivo, não acha?

Figura 32: Registro de tela de infográfico feito pelo Instituto de Efectividad Clínica y Sanitaria (IECS) sobre os gastos em saúde no Brasil com distúrbios causados pela ingestão de bebidas açucaradas.



Fonte: Instituto de Efetividade Clínica e Sanitária. Disponível em <https://actbr.org.br/uploads/arquivos/IECS-e-Infografi%CC%81as-bebidas-azucaradas-Brasil.pdf> Acesso em: 28 Fevereiro 2023

E para finalizar e conscientizar você, leitor, sobre os malefícios causados pela ingestão exagerada de refrigerantes, como a obesidade e a diabetes, outros dados chocam nesse mesmo estudo. Cerca de 12.700 pessoas morrem por ano devido a doenças causadas por bebidas açucaradas. Levando em conta o indicador que ajusta os anos de vida perdidos com a incapacidade (AVAI), 355.400 anos de vida são perdidos em decorrência de morte prematura ou invalidez. Esses números poderiam ser evitados, não acha? São dados que nos fazem refletir um pouco se realmente vale a pena beber refrigerantes de forma indiscriminada, não é mesmo? Cuide-se!

Cuidado com o excesso de refrigerantes!

Você acabou de aprender que beber refrigerantes em excesso causa alguns prejuízos à nossa saúde, não é? No texto que segue, extraído de uma página da internet, estão alguns deles:

Refrigerantes e saúde: fique ligado!

1. Diabetes e aumento de peso

Apenas uma lata de refrigerante contém cerca de 10 colheres de sopa de açúcar, o que aumenta bastante os níveis de açúcar no sangue e diminui a ação da insulina no organismo. Além disso, quando os níveis de açúcar no sangue sobem muito rápido, como após beber uma lata de refrigerante, é normal sentir mais fome, o que leva a um aumento de peso exagerado.

2. Enfraquecimento dos ossos e dentes

A maioria dos refrigerantes contém uma elevada quantidade de ácido fosfórico, que impede o corpo de absorver o cálcio necessário para fortalecer os ossos. Dessa forma, pessoas que bebem refrigerantes regularmente podem desenvolver problemas como cáries ou osteoporose.

3. Pedras nos rins

Devido à acidez dos refrigerantes, o corpo precisa usar o cálcio, que seria utilizado nos ossos, para facilitar a digestão e equilibrar o pH. Dessa forma, os rins precisam eliminar o cálcio utilizado nesse processo, o que aumenta o risco de formação de pedras nos rins devido ao acúmulo de cálcio no seu interior.

4. Aumento da pressão arterial

Os refrigerantes podem levar a um aumento gradual da pressão arterial, especialmente devido às suas elevadas quantidades de sódio e de cafeína.

FONTE: <https://www.medscan.med.br/index.php/blog/item/21-por-que-refrigerante-faz-tanto-mal-a->

Enfim, agora sabemos o que bebemos?

Você deve se recordar, que nos primeiros parágrafos, perguntamos se realmente conhecemos os refrigerantes; afinal, é uma bebida bastante consumida e que faz parte do nosso cotidiano. Será que agora, depois da leitura sobre a química dos refrigerantes, você conseguiria dizer que sabe o que bebe?

Agora, quando você beber aquele copo gelado de refrigerante, certamente vai saber um pouco mais sobre algumas coisas que estão envolvidas em uma simples latinha, não é mesmo? Afinal, neste livro deu pra conhecer um pouquinho da sua história, sua composição, fabricação, os conceitos da Química, os aspectos ambientais e seus efeitos na saúde.

Com a leitura, reconhecemos que sua história também passa um pouco pela história da Química, quando Antoine Lavoisier e Joseph Priestley estudavam a dissolução de gás em água. Também conhecemos um pouco sobre sua composição e fabricação, ao mesmo tempo em que aprendemos sobre as moléculas das substâncias que o compõem, suas estruturas, características, reações envolvidas, bem como vários conceitos da Química que podemos compreender a partir dessa bebida.

Além disso, vimos as consequências ambientais que podem estar associadas às embalagens de refrigerantes e em seu processo de fabricação, o que nos levou a refletir sobre as boas práticas que podemos ter em nosso cotidiano para evitar os impactos ambientais que podem ser gerados e sobre as práticas nocivas das indústrias de refrigerantes que podem causar impactos negativos no ambiente.

Por fim, vimos que o consumo excessivo de refrigerantes pode causar vários prejuízos à nossa saúde, e que, portanto, podemos dizer que essa bebida não é uma opção saudável, estando associada a distúrbios alimentares como a obesidade, diabetes e até mesmo a problemas renais.

REFERÊNCIAS

12 MITOS e verdades sobre a Coca-Cola. **Super Interessante**. Disponível em:
<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/12-mitos-e-verdades-sobre-a-coca-cola/>.
Acesso em: 27 jun. 2022.

BRASIL ENTRE os que mais consomem refrigerantes. Disponível em:
<https://www.asbran.org.br/noticias/brasil-entre-os-que-mais-consomem-refrigerantes>.
Acesso em: 13 jul. 2022.

CERVIERI JÚNIOR, Osmar. **Panoramas setoriais 2030: bebidas**. In: Panoramas setoriais 2030: desafios e oportunidades para o Brasil. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017.

COMO surgiram os refrigerantes? **Super Interessante**. Disponível em:
<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-surgiram-os-refrigerantes/>. Acesso em:
14 abr. 2022.

DALLAGO, R. M.; VENQUIARUTO, L. D.; **Química das bebidas**. Erechim-RS: EdiFAPES, 2018.

IECS. Instituto de Efetividade Clínica e Sanitária. **O lado oculto das bebidas açucaradas**. Disponível em <https://actbr.org.br/uploads/arquivos/IECS-e-Infografi%CC%81as-bebidas-azucaradas-Brasil.pdf> Acesso em: 28 Fevereiro 2023

LIMA, A. C.; AFONSO, J. C. A Química dos refrigerantes. **Química nova na escola**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 210-215, 2009.

MOURA, Kaique Barbosa de; RIBEIRO, Rhubens Ewald Moura. A gestão metrológica como fator diferencial numa indústria de refrigerantes. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7., 2019. **Anais [...]**. Montes Claros: FASA, 2019.

QUIMICAFACIL.NET. **La historia de las bebidas carbonatas**. Disponível em:
<https://quimicafacil.net/notas-de-quimica/la-historia-de-las-bebidas-carbonatadas/>.
Acesso em: 13 jul. 2022.

SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig. B. **Química Orgânica I**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2001.