

6

REAÇÕES

QUE MUDARAM A HISTÓRIA



**Como a Química
revolucionou a
humanidade**



AUTORES



Pedro Lobo
021 - Bacharelado em
Química - UFSCar



Ana Oliveira
020 - Licenciatura em
Química - UFSCar



Guilherme Batista Simoso
019 - Bacharelado em
química - UFSCar



Yumi Sakumoto
020 - Bacharelado em
Química - UFSCar

Caro(a) leitor(a),

A história da humanidade está cercada de descobertas nas diversas áreas existentes e a Química não fica de fora. Sabemos que a humanidade sempre conviveu com a Química e suas transformações. O fogo, por exemplo, é uma das primeiras transformações químicas (uma combustão) dominada pelo homo erectus, espécie de homínidos que viviam há mais de 500 mil anos. Segundo Diefenthaler, além de mudar a forma de nos relacionarmos com outros da espécie, o fogo foi crucial para "iluminar, se aquecer, espantar os predadores e cozinhar", resultando em uma maior capacidade de sobrevivência da espécie, mudanças na alimentação e, eventualmente, permitindo o uso de novas ferramentas.

Entre tantos pontos da história em que a Química transformou a trajetória da humanidade nos inspiramos em um vídeo chamado "6 Chemical Reactions That Changed History" ("Seis Reações Químicas que Mudaram a História", em tradução livre), do canal do YouTube Be Smart, para compor nosso E-Zine. Assim, decidimos explorar essas seis reações, que vão desde o uso da liga de bronze, que ocorreu por volta de 3300 a.C, até a síntese da amônia através do processo Haber-Bosch, no início do século XX. No percurso desse recorte, encontram-se a Reação de Maillard, o processo de fermentação, a descoberta do Bronze, a reação de Saponificação, o Estudo do Silício e o Processo Haber-Bosch.

Nessa edição do E-zine apresentaremos detalhes, examinando suas histórias, aplicações e impactos na humanidade e seu desenvolvimento tecnológico. Ao fim da leitura esperamos que você entenda o impacto que essas reações tiveram no mundo como conhecemos hoje e desfrute desta jornada pela história da ciência. Boa leitura!

Atenciosamente, os autores

REAÇÃO DE MAILLARD

1

Um bom exemplo para explicar a reação de Maillard (RM) é aquele bife que, quando feito na grelha, fica bem crocante, amarronzado e delicioso, que dão características únicas a esse alimento. Esse fenômeno é provavelmente conhecido desde a descoberta do fogo, há mais de 300 mil anos.

As reações químicas que resultam desse fenômeno foram primeiramente descritas em 1912 pelo bioquímico francês Louis-Camille Maillard, que publicou o primeiro estudo sistemático mostra como os aminoácidos e açúcares redutores iniciam uma complexa cascata de reações durante o aquecimento, resultando na formação final de substâncias marrons chamadas melanoidinas, que proporcionam um sabor único as carnes.

Maillard foi um dos primeiros cientistas a estudar a química dos alimentos e seu trabalho foi fundamental para a compreensão de como eles são cozidos e como isso afeta seu sabor e aroma, por isso, a descoberta das RM teve um maior impacto na gastronomia, pois os cozinheiros entenderam melhor como os alimentos são cozidos e como isso afeta seu sabor e textura. Eles controlaram de uma maneira mais eficiente o processo de cozimento para criar sabores únicos e atraentes. Por exemplo, a técnica de caramelização, é frequentemente usada na culinária para criar uma crosta crocante e saborosa em alimentos como cebolas, batatas e carnes. Além disso, a compreensão das reações de Maillard também levou ao desenvolvimento de novos métodos de cozimento e técnicas culinárias, como o *sous-vide* e o cozimento em baixa temperatura, que

são frequentemente usados em restaurantes de alta gastronomia para criar pratos complexos e sofisticados.

Os produtos da RM são consumidos diariamente pela população, por meio da ingestão de alimentos como leite, produtos de panificação (pão francês, brioche e etc.), cereais infantis e matinais, caramelo, mel, café, cerveja, chocolate, carnes, vegetais desidratados e frutas processadas, que mostram o importante papel tecnológico e sensorial da compreensão dessa reação para a indústria de alimentos, por suas propriedades antioxidantes, sabor, aroma, odor, textura e coloração.

Em geral, alimentos ricos em lipídeos (como carnes com bastante gordura intramuscular) e que são grelhados, fritos ou assados, isto é, são submetidos a calor seco,

apresentam as maiores proporções de produtos da reação de Maillard.

Agora que você aprendeu um pouco sobre as RM, propomos um desafio com algumas perguntas: 1) Você acha que faz diferença temperar a carne antes de colocar na churrasqueira e depois dela já estar assada? 2) Quando estamos fazendo café, tem diferença colocar açúcar na água antes dele ser coado e depois? Se você disse sim para as duas questões, você acertou! Nesses casos, a ordem da realização, faz diferença pois temperos, como sal, pimenta, entre outros e aditivos, como o açúcar, no caso do café, participam das reações de Maillard e alteram o resultado do sabor e o aroma dos alimentos!



BRONZE

2

A Idade do Bronze foi um marco significativo na história humana, pois foi a primeira vez que os seres humanos começaram a trabalhar com metal, especialmente bronze. Esse, que é uma liga metálica formada principalmente por cobre e estanho, substituiu versões anteriores de ferramentas e armas de pedra e possibilitou muitos avanços tecnológicos, como a invenção de sistemas de escrita e a roda.

AS ANTIGAS CIVILIZAÇÕES

A Idade do Bronze (3.300 - 1.200 a. C) foi um marco significativo na história humana, pois pela primeira vez os seres humanos começaram a trabalhar com metal, especialmente.

Esse período emergiu em várias regiões do globo em diferentes momentos, mas os antigos sumérios, localizados no Oriente Médio, possivelmente foram a primeira civilização a entrar nesta era, devido a sua organização ao longo do Rio Eufrates, no Egito. Nesse período, surgiram sociedades em grande escala, e reinos proeminentes, como Suméria e Babilônia na Mesopotâmia e Atenas na Grécia Antiga, que interagiram por meio do comércio, da guerra, da migração e da disseminação de ideias. (History.com Editors, 2018). Apesar de seus avanços significativos, a Idade do Bronze terminou abruptamente por volta de 1200 a.C. com o surgimento de um metal mais forte, o ferro (Fe), que substituiu o bronze na produção de ferramentas e armas.

A PROCURA DOS MINÉRIOS

A maioria dos metais podem ser encontrados na Terra, que contém uma grande quantidade de deles em seu núcleo líquido, que fluem para a superfície através de fissuras na crosta terrestre e que se solidificam dentro de rochas ígneas, como o quartzo. Prospectores pré-históricos, que exploram regiões à procura de jazidas de minérios, identificaram locais de mineração observando a cor do quartzo e dos metais oxidados.

O minério era extraído através da mineração de poço e lavagem de areia em áreas com água corrente. Os primeiros objetos de metal foram feitos a partir de minérios oxidados (como, óxidos de manganês, oxihidróxidos de ferro), que eram batidos e moídos antes de serem aquecidos em um forno com carvão vegetal e foles, já os minérios extraídos (como, cobre e estanho), exigiam processamento adicional para remover o enxofre antes de serem reduzidos.

O estanho (Sn) é muito mais raro do que o cobre, em sua forma pura ele, é normalmente produzido a partir de um minério de estanho chamado cassiterita (SnO), sendo assim, para extrair o minério de estanho, os mineradores costumavam lavar as areias e os cascalhos dos leitos dos rios que haviam sido erodidos de veios de quartzo e granito.

A FORJA

O cobre puro é maleável e pode ser facilmente trabalhado, mas se torna duro e quebradiço quando é martelado, no entanto, é possível torná-lo mais maleável por meio do recozimento, que consiste em aquecê-lo (em torno de 500°C), assim, submetendo-o ao martelamento, é possível moldá-lo em formas variadas. Contudo, objetos maiores e mais complexos podem ser criados fundindo o cobre e despejando-o em moldes.



REAÇÃO DE FERMENTAÇÃO

3

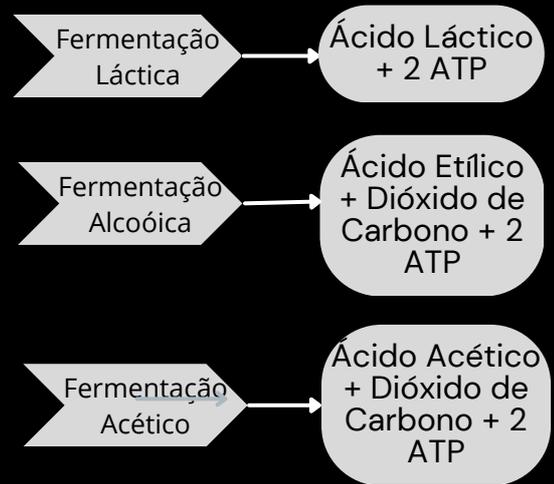
A reação de fermentação consiste em um processo bioquímico, ou seja, um processo que ocorre com microrganismos gerando energia sem a presença de oxigênio. O processo tem início com a glicose presente no citosol, que é quebrada em duas moléculas de piruvato, recebendo elétrons do NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo), uma molécula que regula o envelhecimento celular, resultando em ácido lático, álcool e dióxido de carbono, os quais são dispensados do mecanismo.

No período mesopotâmico, cerca de 6.000 anos a.C., popularizou-se o processo da fermentação, com pães e a bebida que originou a cerveja. Mas nesse momento inicial, as reações ocorreram de forma empírica, sem conhecimento total do mecanismo por parte daqueles que faziam uso dele. Assim, com o avanço dos estudos em Química, na segunda metade do século XIX, Louis Pasteur e Eduard Buchner conseguiram compreender e explicar este fenômeno.

A alimentação humana, e também a animal, sofre influência direta dos microrganismos eucariontes do reino fungi, envolvidos nesse processo, já que esses possuem a capacidade de alterar a matéria-prima, gerando alimentos, álcoois e gases. Exemplo do impacto da reação na humanidade, é a cerveja, que apresenta nos ingredientes de sua composição água, malte e lúpulo, que por meio do processo de fermentação, realizado pelas leveduras, mais comumente as do gênero *Saccharomyces*, se tornou um marco na história das invenções humanas e uma das bebidas mais vendidas no mundo.

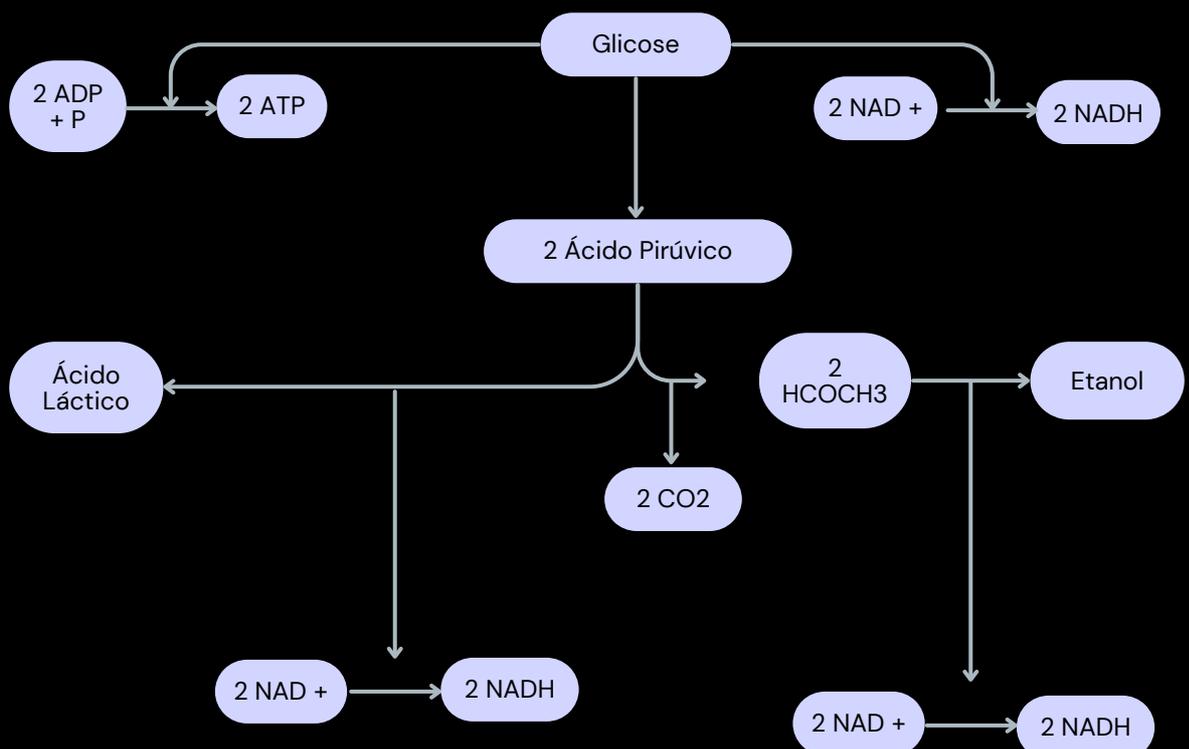
Fungo de fermentação

A fermentação ainda pode ser dividida em diferentes tipos de acordo com os produtos: a fermentação láctica utilizada na fabricação de iogurte; a alcoólica empregada na produção de vinhos, cervejas e pães; e por fim, a acética, aplicada na obtenção do vinagre a partir do vinho.



Esquema sobre tipos de fermentação de acordo com os produtos da reação

Abaixo há uma representação do mecanismo da fermentação e ao lado os tipos.



Fluxograma da reação de fermentação em microrganismos - produção de energia sem cadeia respiratória

SAPONIFICAÇÃO

4

O sabão é um produto do cotidiano da vida humana há milhares de anos. Sua história remonta civilizações antigas, como as que ocuparam a região da Mesopotâmia, da Babilônia e do Egito, onde os primeiros sabonetes foram produzidos a partir de gorduras e cinzas de plantas.

Durante a Idade Média, o sabão se tornou um produto essencial em toda a Europa, sendo usado tanto para fins medicinais quanto para limpeza pessoal e de roupas. A sua produção tornou-se uma indústria importante e muitas cidades europeias, como Marselha, na França, desenvolveram uma forte tradição de fabricação de sabonetes.

No século XIX, a invenção do processo de saponificação permitiu a produção em massa do produto, tornando-o mais acessível a todos os estratos sociais, e em pouco tempo se tornou um produto mais refinado, com a adição de ingredientes como fragrâncias e óleos essenciais. O impacto do sabão na humanidade foi significativo, já que o uso para higiene pessoal e limpeza de roupas ajudou a reduzir a propagação de doenças e infecções, melhorando as condições de saúde. Também teve um impacto positivo na indústria têxtil, permitindo que as roupas fossem lavadas com mais facilidade e eficácia no resultado da limpeza.

Sua produção se tornou uma indústria importante em muitos países e foi um dos primeiros setores a adotar práticas de produção sustentável, com a reciclagem de gorduras e outros resíduos. No entanto, o uso excessivo de produtos químicos na sua composição e outros produtos de higiene pode ter impactos negativos no meio ambiente e para a saúde humana. Por isso, hoje, muitas empresas estão investindo em alternativas mais sustentáveis e naturais, como sabões artesanais e produtos orgânicos.

O processo da reação de saponificação começa quando uma base alcalina reage com a substância gordurosa, que é geralmente um triéster de ácido graxo, formando um sal de ácido carboxílico e água, o sabão propriamente dito, que é solúvel em água e possui propriedades

emulsificantes, que permitem a mistura de substâncias que normalmente não se misturam, como a água e o óleo.

Para a produção, comumente é utilizado gordura animal ou vegetal com hidróxido de sódio ou potássio em uma solução aquosa, a mistura é fervida e agitada até que ocorra a completa saponificação. Após esse processo, o sabão é separado da solução e pode ser utilizado para limpeza pessoal e doméstica.



Imagem gerada pelo DALL-E2

SILÍCIO 5

O silício é um elemento químico abundante na crosta terrestre e tem desempenhado um papel fundamental na história da humanidade. Nos últimos tempos, esse elemento tem sido amplamente utilizado na produção de placas de computadores e celulares, impulsionando uma revolução tecnológica que mudou a forma como nos comunicamos, trabalhamos e nos entretemos.

Na década de 1940, cientistas começaram a explorar suas propriedades semicondutoras, pouco depois, a partir dos anos 50, a produção de dispositivos semicondutores tornou-se uma indústria em rápido crescimento. A invenção do transistor de silício em 1947 por William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain, marcou o início da revolução desse elemento.

Seu impacto na humanidade foi imenso. As placas de circuito impresso de silício se tornaram a base para a produção de computadores, celulares,

tablets e outros dispositivos eletrônicos que transformaram a maneira como interagimos com o mundo. Esses dispositivos são capazes de processar, armazenar e transmitir enormes quantidades de informações em frações de segundo, tornando a comunicação mais fácil, rápida e eficiente.

Em decorrência disso, a produção de placas de silício se tornou uma indústria em constante crescimento, gerando empregos e estimulando a economia global. Esse elemento tem sido uma das principais matérias-primas na produção de dispositivos eletrônicos, tornando a tecnologia mais acessível e barata. O silício é tão importante que seu nome está no polo industrial mais importante do mundo.

Reflexo da relevância desse elemento para a humanidade é o Vale do Silício, uma região localizada na Califórnia,

Estados Unidos, com imensa importância para a tecnologia e a economia global, já que a região é um dos principais centros de pesquisa e desenvolvimento de tecnologia do mundo, abrigando algumas das maiores empresas de tecnologia do planeta, como Apple, Google, Facebook, Amazon, entre outras. Essas empresas têm impulsionado a inovação e o progresso tecnológico em diversas áreas, incluindo inteligência artificial, robótica, automação, comunicação e informação. O Vale do Silício é também um importante centro de financiamento de startups, com investidores e capital de risco apoiando ideias inovadoras e empreendedorismo. Por isso, a importância desse local não se limita apenas à tecnologia e à economia global, visto que tem um impacto cultural significativo, que busca enfatizar e valorizar a inovação, a criatividade, a colaboração e o empreendedorismo,

que inspiraram gerações de futuros empreendedores e inovadores em todo o mundo, que conta também com a presença de universidades de renome, como Stanford e Berkeley, contribui para a formação de talentos e a disseminação do conhecimento científico e tecnológico.

A proximidade geográfica dessas instituições com empresas líderes de tecnologia também facilita a colaboração entre academia e indústria.

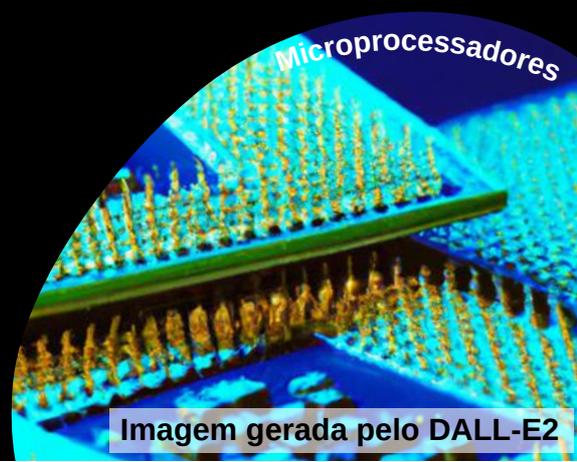


Imagem gerada pelo DALL-E2

PROCESSO DE HABER-BOSCH



Entre as muitas piadas que um “tiozão” da família graduado em química pode fazer é: o que os explosivos, o DNA e a agricultura possuem em comum? E a resposta é que todos eles possuem “ligações” com o nitrogênio.

Apesar de não ser muito engraçada fora do contexto da química, a resolução dessa piada pode ser uma boa forma para introduzir a importância social, econômica, histórica e orgânica do nitrogênio, em especial a amônia e outros compostos de nitrogênio.

Quando falamos de Ácido Desoxirribonucleico, mais conhecido como DNA, falamos da estrutura que possui a função de guardar todos os nossos genes/informações e transmitilas de um indivíduo para outro. Sua estrutura possui açúcar desoxirribose, fosfato e bases nitrogenadas que se apresentam em organizações específicas

que são responsáveis por determinar nossas características - como altura, cor do olhos, cor da pele e até mesmo algumas doenças. Tais bases nitrogenadas são a adenina, timina, citosina e guanina.



Imagens geradas a partir do software ChemSketch de ACD/Labs

Apenas considerando isso, pode-mos concluir que o nitrogênio faz parte de nós e é essencial para a vida.

Mas e no contexto industrial?

No contexto industrial temos o nitrogênio (N_2) que é usado na supressão de incêndios (diminuindo o O_2 no ambiente de forma que a combustão seja interrompida); na siderurgia do aço inoxidável (maximizando a resistência ao desgaste superficial); e na criogenia (preservação de material biológico a partir do resfriamento por nitrogênio líquido ($-196\text{ }^\circ\text{C}$) ou no vapor ($-170\text{ }^\circ\text{C}$)).

A indústria também usufrui dos compostos nitrogenados (que possuem nitrogênio ligado a outros elementos), como a amônia (NH_3) e o ácido nítrico (HNO_3). Apesar desses compostos sempre existirem na natureza, a partir de microrganismos no solo ou excrementos de animais, foi somente a partir do desenvolvimento do Processo de Haber-Bosch que seu uso na indústria passou a acontecer em larga escala.

Na primeira metade do séc. XIX surgiu um “grande interesse em se estabelecer o balanço mate-

rial da nutrição de plantas e animais” (CHAGAS, 2007, p. 240) e neste trabalho se destacou Jean-Baptiste Boussingault (1802 - 1887), que realizou sua pesquisa buscando determinar o teor de nitrogênio em alguns materiais orgânicos e deste trabalho concluiu que leguminosas, como o feijão, podem restabelecer o nitrogênio do solo (CHAGAS, 2007). Com esse conhecimento e sabendo que plantas não fixam o nitrogênio do ar atmosférico, foi entre 1886 e 1888 que conseguiram estabelecer que essa fixação do nitrogênio no solo era feito por microrganismos presentes nos nódulos das raízes das leguminosas (CHAGAS, 2007). Dessa forma, a partir desses estudos em microbiologia, foi possível explicar o ciclo do nitrogênio na natureza.



Imagem gerada pelo DALL-E2

PROCESSO DE HABER-BOSCH



A partir dos estudos de Justus Liebig (1803-1873) e, posteriormente, John B. Lawes (1814-1900) e Joseph H. Gilberr (1794-1878), que pesquisaram sobre o campo de fertilidade do solo e da importância dos compostos inorgânicos no solo, por volta de 1845 surgiram os primeiros fertilizantes comerciais da Inglaterra, formados basicamente por misturas de cinzas vegetais, gesso, ossos calcinados, silicato de potássio e sulfato de amônio ou excrementos de animais (CHAGAS, 2007).

Dada a importância desses compostos e dos estudos sobre os gases já serem bem avançados para saberem a composição do ar - aproximadamente 78% de N_2 , 21% de O_2 e os outros 1% de outros gases -, por que não utilizar N_2 presente na atmosfera (quase inesgotável) e reagir com alguma coisa para gerar os compostos nitrogenados?

O N_2 é um gás extremamente inerte e muitas das tentativas resultaram em fracasso, em uma

quantidade de amônia produzida em quantidade quase insignificante ou com custo muito alto (CHAGAS, 2007). Em 1908, Fritz Haber (1868-1934) junto com seu assistente Robert Le Rossignol (1884-1976), conseguiram construir uma máquina capaz de sintetizar a amônia através da mistura gasosa de nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2) (CHAGAS, 2007).

O processo consiste em submeter a mistura gasosa à altas pressões (200 atm) e temperaturas, passá-los por um leito catalítico (com ósmio ou urânio), liquefazer a amônia produzida e separá-la dos gases que ainda não reagiram; dessa forma, os gases que não reagiram serão recirculados pelo reator. Através desta máquina, Haber conseguiu produzir uma quantidade significativa de amônia líquida, entre 2 e 2,5 cm por minuto. Com o Bosch, Haber estudou uma forma de ampliar a escala de produção, encontrar catalisadores mais baratos e

levar sua conquista para a indústria. Em quatro anos, Haber e Bosch conseguiram transformar a máquina que produzia cerca de 100g de amônia por hora em uma máquina que produzia cerca de 200kg por hora (CHAGAS, 2007).

A amônia produzida foi usada principalmente com a finalidade de produzir ácido nítrico ou sulfato de amônio (fertilizantes) e a produção desses permitiu que saíssemos de 1,6 bilhões de pessoas no mundo (estimativa de 1900) para os atuais 8 bilhões de pessoas, que só pôde ser possível através da possibilidade de ter mais alimentos disponíveis para alimentar mais pessoas.

Infelizmente, não existe apenas o lado positivo, já que com o início da Primeira Guerra Mundial (1914 - 1918) o ácido nítrico produzido pelo Processo de Haber-Bosch foi usado para confeccionar explosivos tais como trinitrotolueno (TNT) e a nitroglicerina (NOVAIS), ambas presentes em dinamites.

Gostou do conteúdo?

Scaneie para saber mais



