

Joao Pedro
Stefani

Henrique
Gerais

Gustavo
Rogini

Nelson
Marino

Pedro
Castro

Giovanna
Bertoleti

Gabriel
Campano



O PROCESSO VITAL

HABER - BOSCH

INTRODUÇÃO

O processo Haber-Bosch, desenvolvido no início do século XX pelos cientistas Fritz Haber e Carl Bosch, revolucionou a indústria química ao viabilizar a produção em larga escala de amônia a partir do nitrogênio do ar e hidrogênio. Esta descoberta, inicialmente concebida em laboratório e posteriormente adaptada à escala industrial com a contribuição decisiva da engenharia química, tornou-se essencial para a fabricação de fertilizantes nitrogenados, sustentando a agricultura moderna e a segurança alimentar global. Nesta e-zine, exploramos a criação desse processo inovador, sua relevância histórica e científica, e o papel fundamental da engenharia química na sua aplicação industrial, demonstrando como a união entre ciência e engenharia transformou um conceito teórico em um dos pilares da sociedade contemporânea.

SUMÁRIO

Fritz Haber	1
Carl Bosch	2
Contexto Pré-Invenção	3
Síntese da Amônia	5
Benefícios na produção de alimentos e outros setores	7
Implicações em contextos bélicos	9
Impactos Ambientais e Políticas Públicas/Privadas	11
Importância e relação da Engenharia Química	12

FRITZ HABER

Fritz Haber nasceu em 9 de dezembro de 1868, em Breslau, no então Império Alemão (atual Wrocław, Polônia), em uma família judaica de classe média-alta. Seu pai, Siegfried Haber, era um bem-sucedido comerciante de produtos químicos, e esperava que o filho seguisse os negócios da família. No entanto, Haber demonstrou desde cedo inclinação para os estudos científicos — ainda que sua trajetória fosse tudo menos linear.

Iniciou sua educação superior em química orgânica na Universidade de Heidelberg, mas foi na Universidade de Karlsruhe que encontrou seu espaço, lá obteve seu doutorado em 1891. Em 1911, foi nomeado diretor do recém-criado Instituto Kaiser Wilhelm de Química Física e Eletroquímica, em Berlim-Dahlem, consolidando-se como uma das figuras centrais da ciência alemã pré-Primeira Guerra.

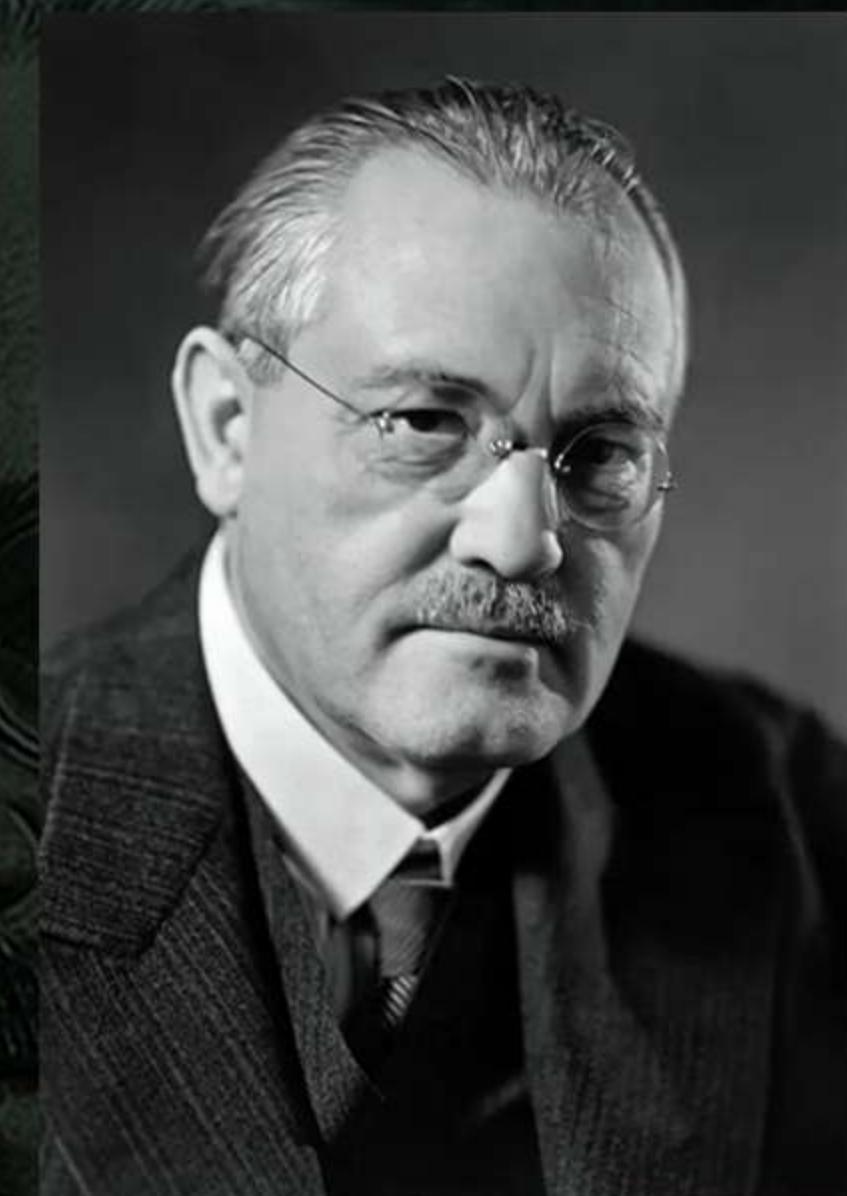


Foi laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1918, pela síntese da amônia, um reconhecimento controverso, dado o uso ambíguo de sua descoberta, liderado por ele mesmo, durante a Primeira Guerra. Com a ascensão do nazismo, foi expulso de seus cargos por sua origem judaica. Tentou resistir, inclusive tentando proteger colegas judeus. Acabou exilado, vindo a falecer em 29 de janeiro de 1934.

CARL BOSCH

Carl Bosch nasceu em 27 de agosto de 1874, em Colônia, Alemanha. Vindo de uma família protestante da classe média alta, era sobrinho do empresário Robert Bosch, fundador da Bosch GmbH, mas preferiu seguir carreira científica. Estudou metalurgia e engenharia química na Universidade Técnica de Charlottenburg (atual TU Berlin) e posteriormente cursou química na Universidade de Leipzig, onde obteve o grau de doutor.

Ao contrário de Haber, que foi essencialmente um acadêmico e pensador teórico, Bosch sempre se destacou por sua atuação como engenheiro prático. Com apenas 35 anos, recebeu a missão de tornar industrialmente viável a síntese de amônia desenvolvida por Fritz Haber. Em 1913, liderou a construção da primeira planta industrial de amônia sintética em Oppau, dando origem ao processo Haber-Bosch.

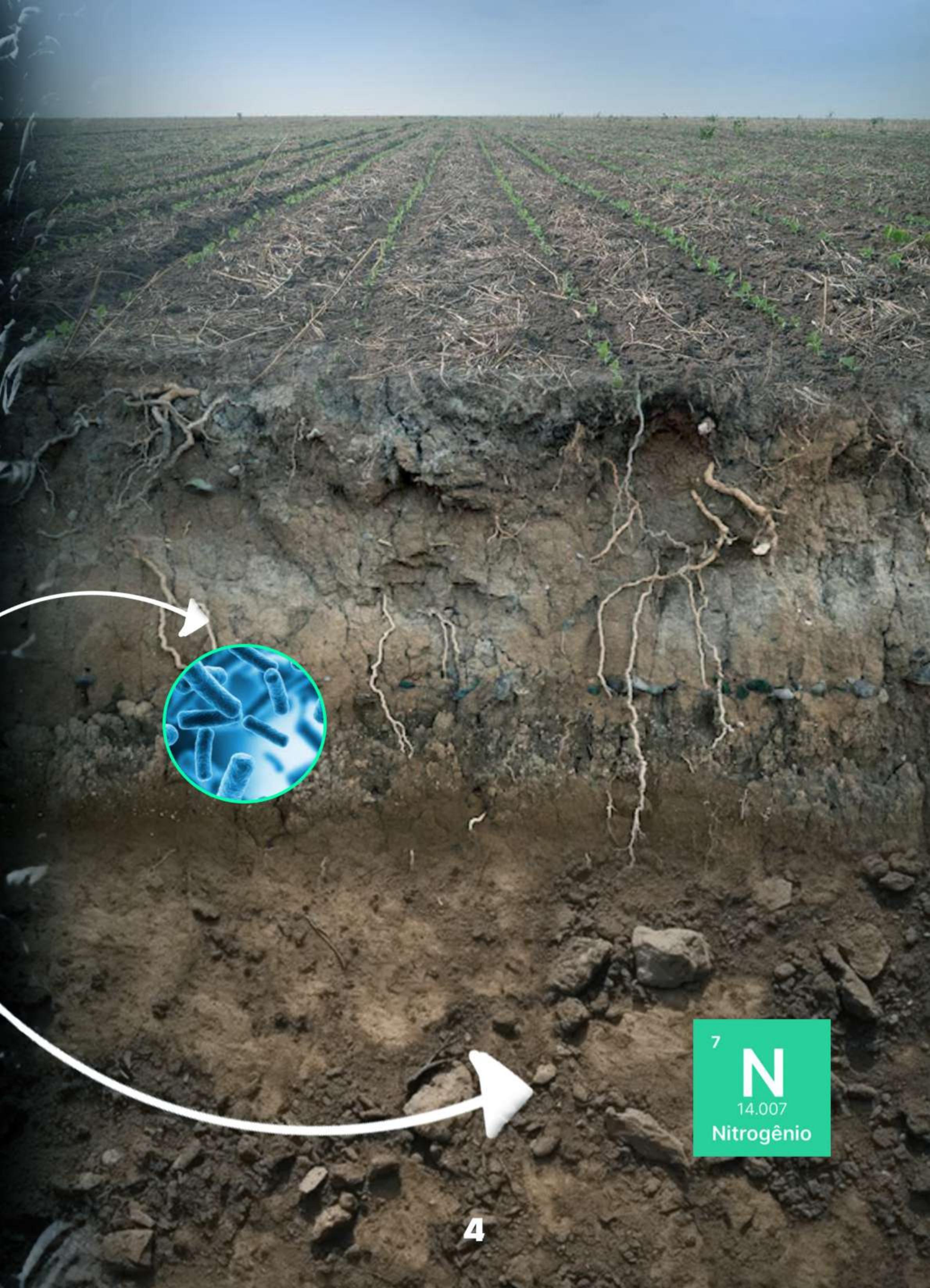


Foi reconhecido internacionalmente ao receber, em 1931, o Prêmio Nobel de Química, ao lado de Friedrich Bergius, pelas contribuições à química sob alta pressão, campo que abriria portas para a produção de combustíveis sintéticos, polímeros e medicamentos. Faleceu em 26 de abril de 1940, aos 65 anos.

NO FINAL DO SÉCULO XIX

E INÍCIO DO SÉCULO XX, o mundo enfrentava uma crescente preocupação com a escassez de alimentos. O rápido aumento populacional exigia mais produção agrícola, mas os solos europeus já demonstravam sinais de esgotamento de nutrientes, especialmente o **nitrogênio**, essencial para o crescimento das plantas. As fontes naturais de nitrogênio, como os nitratos do Chile, estavam se tornando insuficientes e concentradas em poucos países, o que gerava instabilidade e dependência econômica. Esse cenário impulsionou cientistas e governos a buscarem alternativas para sintetizar compostos nitrogenados de forma artificial, com o objetivo de garantir a segurança alimentar e a soberania nacional.

Após a realização de diversos plantios em um mesmo solo, os nutrientes presentes ali são totalmente consumidos pelas plantas, sendo assim o local se torna infértil e não apropriado para a agricultura. No solo existem **bactérias** do gênero Rhizobium que fixam nitrogênio, portanto com o passar do tempo esse nutriente tão essencial para o desenvolvimento das plantas é renovado. Porém, é necessário um longo tempo para que as quantidades de nitrogênio e outros nutrientes voltem a serem significativas para o plantio, dessa forma se faz necessário a renovação por **fertilizantes**.

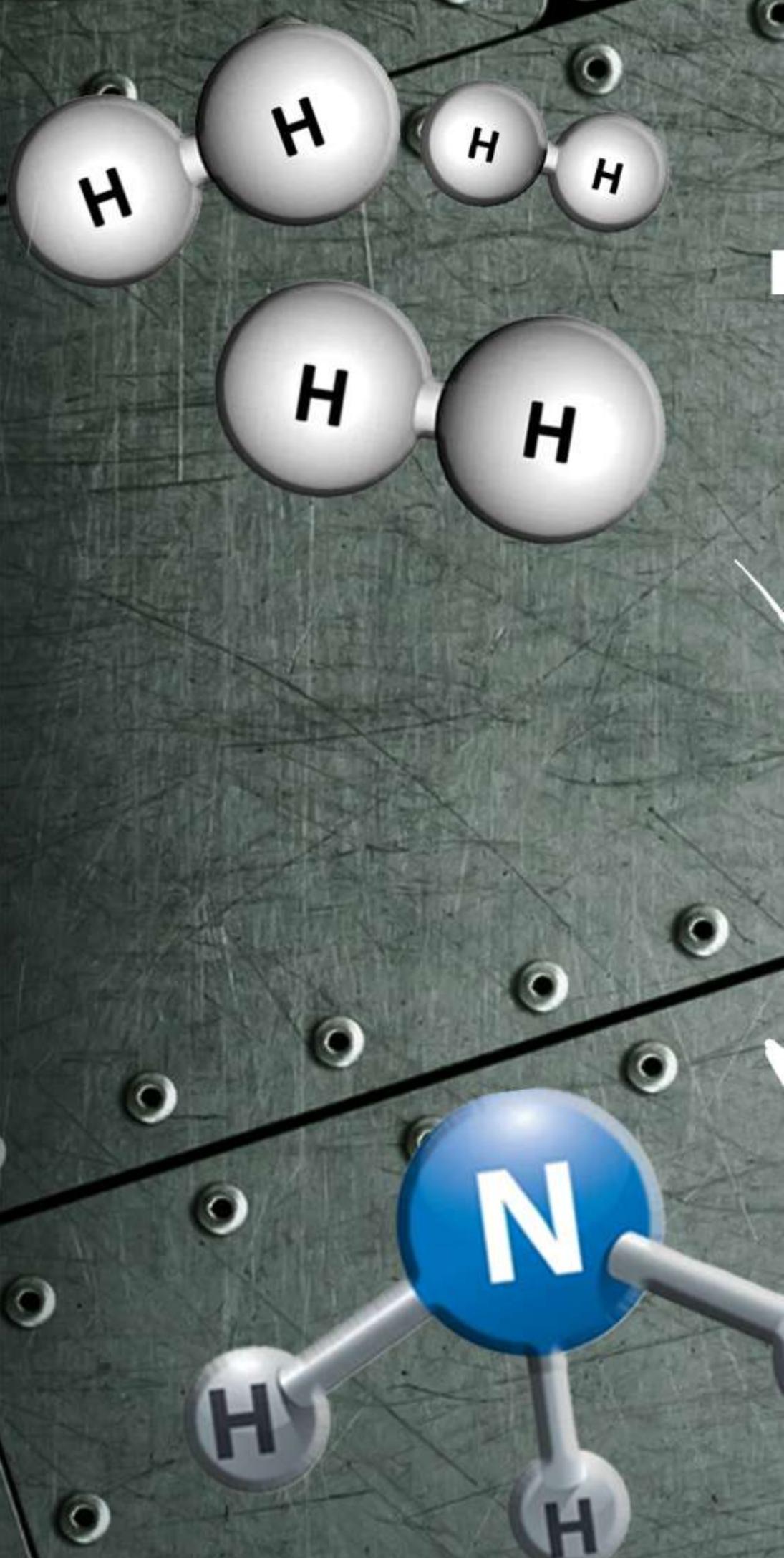


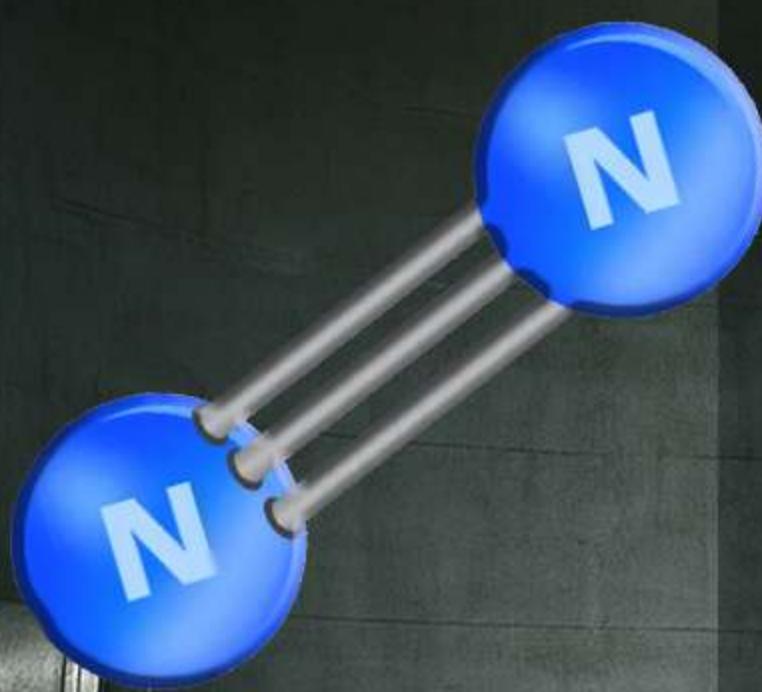
4



O PROCESSO HABER-BO

Para tornar possível a fabricação de fertilizantes em grande escala, suficiente para suprir a demanda mundial, era necessário conseguir sintetizar amônia, composto essencial que forneceria o tão sonhado nitrogênio para as plantas. Sob tal necessidade, Fritz Haber trabalhou intensamente para a criação de um processo viável e através do conhecimento obtido em seus notórios trabalhos com reações gasosas e eletroquímica, realizou em 1909 a primeira síntese de amônia bem sucedida. Porém, ainda era necessário tornar o processo industrialmente viável, e assim fez Carl Bosch desenvolvendo os primeiros reatores capazes de suportar a reação da síntese de amônia. Em 1913 liderou a construção da primeira planta industrial de amônia sintética em Oppau, dando origem ao processo Haber-Bosch.





A reação básica do processo Haber-Bosch ocorre entre uma molécula de nitrogênio (N_2), retirada do ar, e três moléculas de hidrogênio (H_2), geralmente obtidas a partir do gás natural (metano). É uma reação exotérmica, ou seja, libera calor, no entanto, para que ela ocorra de forma eficiente, são necessárias condições bastante específicas, como altas pressões (150–300 atm) e altas temperaturas (400–500°C). O catalisador mais utilizado é o ferro metálico (Fe), esse catalisador facilita a quebra da forte ligação tripla do gás nitrogênio ($N\equiv N$), que é uma das principais dificuldades da síntese. O processo ocorre em reatores industriais, onde os gases são continuamente comprimidos, aquecidos e passados sobre o catalisador. A mistura de saída contém amônia, nitrogênio e hidrogênio não reagidos. A amônia é então condensada e separada, enquanto os gases remanescentes são reciclados. O controle preciso das condições operacionais é essencial para otimizar a produção e minimizar custos energéticos.

A INVENÇÃO QUE SALVOU

Atualmente, estima-se que, se não fosse pela invenção e pelas pesquisas de Fritz Haber e Carl Bosch, cerca de **40% da população** mundial não existiria, dado seus impactos decisivos na fertilização do solo e na produção de alimentos. De fato, o processo de Haber-Bosch, reconhecido com um Prêmio Nobel em 1918, representou, a partir da possibilidade de se produzir amônia em larga escala, um marco histórico na capacidade agrícola do planeta e na sustentação do crescimento populacional desde o começo do século XX até os dias atuais.

A produção de fertilizantes nitrogenados permitiu que muitos países aumentassem drasticamente a produtividade agrícola, **reduzindo a fome** e **possibilitando a urbanização** e o **crescimento populacional**. O processo também alterou profundamente as cadeias globais de produção e comércio. A disponibilidade de fertilizantes sintéticos permitiu que regiões antes pouco produtivas passassem a competir no mercado agrícola internacional, mudando o equilíbrio econômico entre países.

BILHÕES

A **amônia** possui diversos benefícios, incluindo a capacidade de acelerar o crescimento das plantas e aumentar a frequência das colheitas. Isso possibilita a produção de alimentos em maior quantidade e com mais rapidez. O **aumento na produção** ajuda a garantir que a oferta de comida acompanhe o crescimento da população mundial, contribuindo para a segurança alimentar. Esse equilíbrio é essencial para evitar problemas significativos, visto que o rápido crescimento populacional pode gerar grandes desafios.

Uma das grandes vantagens da amônia na agricultura é sua versatilidade. Ela pode ser utilizada em diferentes formas, como amônia anidra, ureia ou nitrato de amônio, o que permite sua adaptação a variados tipos de solo, clima e culturas. Essa flexibilidade também influencia o custo e a escolha do fertilizante, já que cada forma apresenta características específicas que atendem melhor a determinadas necessidades no campo. Isso contribui para uma nutrição vegetal mais eficiente e equilibrada.

E MATOU MILHÕES

Apesar de seus inquestionáveis benefícios para a vida, a conquista científica dos dois químicos também carrega um peso controverso e problemático. Os produtos nitrogenados resultantes do processo de Haber-Bosch, além de seu uso em fertilizantes, foram destinados à **produção de explosivos** e para a criação de **armas químicas**, as quais foram amplamente utilizadas em contextos de conflitos bélicos no século XX. Dessa forma, surge uma outra face da invenção de Haber e de Bosch: ao passo que salvou bilhões de pessoas com a fertilidade agrícola, ocasionou a morte e a destruição de milhões de vidas em guerras e disputas armadas.

Durante os eventos da Primeira Guerra Mundial, grande parte dos pesquisadores dedicaram seus trabalhos no desenvolvimento de produtos e armamentos químicos, e, dentre seus principais contribuidores, estava Fritz Haber. Nesse contexto, o químico alemão devotou seus recursos e sua pesquisa em síntese de amônia para as demandas bélicas da Alemanha, performando como um líder no estudo em **tecnologias destrutivas para a guerra**.





Uma das principais substâncias derivada diretamente da síntese de amônia, amplamente usada como uma arma química, é o **nitrato de amônio**, o qual, além de sua utilidade como fertilizante, em condições específicas, pode agir como um explosivo extremamente violento. O composto, por possuir uma alta carga concentrada de oxigênio, quando misturado com combustíveis ou em temperaturas suficientes altas, decompõe-se gerando gases como óxidos de nitrogênio e vapor d'água, causando uma explosão com sua rápida liberação. Um exemplo recente que demonstra o potencial destrutivo do nitrato de amônio é a tragédia ocorrida em **Beirute**, no dia 4 de agosto de 2020, em que mais de 2700 toneladas do composto armazenadas próximo ao porto da capital libanesa provocaram a considerada maior explosão não nuclear da história, matando 218 pessoas e desalojando mais de 300.000 devido à destruição.



Outra substância derivada foi o **Zyklon**, inicialmente desenvolvido como Zyklon A, é um pesticida que libera cianeto de hidrogênio, um gás altamente tóxico que inibe a respiração celular e leva à morte por asfixia química. Por meio de um processo de adsorção, o composto foi aprimorado para Zyklon B, o gás que foi usado para matar milhões de pessoas em câmaras de gás durante o Holocausto, na Segunda Guerra Mundial.

NOS DIAS DE HOJE

O processo Haber-Bosch mudou o rumo da agricultura moderna ao permitir a produção em grande escala de amônia, matéria-prima essencial para os fertilizantes nitrogenados. Essa descoberta ajudou a combater a escassez de alimentos em várias partes do mundo. No entanto, por trás desse avanço, existe um **custo ambiental alto**. A produção de amônia consome muita energia e libera grandes quantidades de **gás carbônico** na atmosfera, o que agrava o problema do aquecimento global.

Com o passar do tempo, governos e organizações começaram a se preocupar com os efeitos negativos desse processo. Surgiram políticas públicas para tentar reduzir os danos ambientais, como incentivo ao uso de **fontes renováveis** e o estabelecimento de metas para cortar emissões poluentes. A ideia é manter a produção de alimentos, mas de uma forma mais consciente e equilibrada com o meio ambiente. É um desafio que exige responsabilidade coletiva e planejamento a longo prazo.

Empresas privadas também têm buscado soluções mais sustentáveis. Muitas estão investindo em formas alternativas de produzir hidrogênio, como o chamado **"hidrogênio verde"**, que é menos poluente. Além disso, novas tecnologias estão sendo estudadas para tornar o processo mais eficiente e menos agressivo ao planeta. Essas mudanças mostram que é possível conciliar inovação com cuidado ambiental — e que tanto o setor público quanto o privado precisam caminhar juntos nesse esforço.

Dessa forma, após toda a leitura da e-zine, é possível compreender a importância do processo Haber-Bosch para a vida nos dias de hoje, grande parte da população tem mais que seu estilo de vida, tem sua própria existência diretamente atribuída a produção de fertilizantes. Tal papel de tamanha importância é uma das principais conquistas da Engenharia Química, a união dos conceitos da Química e da Engenharia na criação de plantas industriais e processos que revolucionam o modo de vida da sociedade é o papel de um engenheiro químico, que através de seus conhecimentos, verdadeiramente serve a população e garante o bem estar das pessoas.



AGRADECIMENTO E AUTORES

Agradecimentos à professora Sabrina de Cássia Martins que orientou o grupo durante todo o processo reflexivo e criativo da e-zine, além da monitora Ana Beatriz de Castilho Bonini que auxiliou o grupo durante todo o projeto.

Autores:

Nelson de Souza Marino (845684)
Joao Pedro Seliuginas Stefani (845692)
Gustavo Rogini Pelissoni (847053)
Henrique Gerais e Costa (845136)
Pedro Sandalo de Castro (847831)
Gyovanna Silva Bertoleti Ferreira (846765)
Gabriel Meninel Campano (845688)

REFÉRENCIAS

SCIELO. Scientific Electronic Library Online. Disponível em: <<https://scielo.org>>. Acesso em: 09 jun. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 09 jun. 2025.

ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA. Haber-Bosch process. Disponível em: <<https://www.britannica.com>>. Acesso em: 09 jun. 2025.

THE CHEMICAL ENGINEER. Institution of Chemical Engineers. Disponível em: <<https://www.thechemicalengineer.com>>. Acesso em: 09 jun. 2025.

THE MIT PRESS. Massachusetts Institute of Technology. Disponível em: <<https://mitpress.mit.edu>>. Acesso em: 09 jun. 2025.

JENSEN, William B. Fritz Haber: Biography & Facts. Encyclopaedia Britannica, 3 Jun. 2025. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Fritz-Haber>. Acesso em: 5 jul. 2025.

FRITZ HABER: BOTH SIDES OF A NOBEL PRIZE. Universitat de Barcelona – Current events, 13 nov. 2018. Disponível em: <https://web.ub.edu/en/web/actualitat/w/fritz-haber-both-sides-of-a-nobel-prize>. Acesso em: 05 jul. 2025

THE LEGACY OF FRITZ HABER: HOW ONE MAN FED BILLIONS YET KILLED MILLIONS. Behaviour Change Cornwall, (s.ºl.), s.ºd. Disponível em: <https://behaviourchangecornwall.co.uk/the-legacy-of-fritz-haber-how-one-man-fed-billions-yet-killed-millions/>. Acesso em: 05 jul. 2025.

DA SILVA, Gabriel. What is ammonium nitrate, the chemical that exploded in Beirut? Scientific American, 5 ago. 2020. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/what-is-ammonium-nitrate-the-chemical-that-explored-in-beirut/>. Acesso em: 5 jul. 2025.



O Processo Vital Haber-Bosch © 2025 por Nelson Marino está licenciado sob CC BY 4.0. Para visualizar uma cópia desta licença, visite <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

