

V SEMANA DO CONHECIMENTO

**CONSTRUINDO CONHECIMENTOS
PARA A REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES**

1 A 5 DE OUTUBRO DE 2018



Marque a opção do tipo de trabalho que está inscrevendo:

Resumo

Relato de Caso

MÉTODOS DE PRODUÇÃO DO NANOFERRO APLICADO NA REMEDIAÇÃO DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

AUTOR PRINCIPAL: Adeli Beatriz Braun.

CO-AUTORES: Caroline Visentin e Adan William da Silva Trentin.

ORIENTADOR: Antônio Thomé.

UNIVERSIDADE: Universidade de Passo Fundo. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental.

INTRODUÇÃO

A utilização de nano partículas na remediação de solos contaminados é uma tecnologia emergente e inovadora, que nasceu na década de 1990 nos Estados Unidos (EUA). O principal nano material empregado nos projetos de remediação é o ferro nano escala zero valente (nFeZ) (ZHAO et al., 2016), correspondendo a 47% das aplicações nos EUA (EPA, 2010). A sua ampla aplicação se dá devido as suas características, como elevada área superficial específica, baixa toxicidade e baixos custos de produção. Inúmeros métodos podem ser aplicados na produção de nano partículas. Estes métodos diferem-se principalmente de acordo com a tecnologia empregada (de cima para baixo ou de baixo para cima) e o mecanismo de produção (físico ou químico), além de características específicas do método, e também do nanoferro produzido. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi identificar e analisar os principais métodos de produção do nanoferro aplicado na remediação de solos e águas subterrâneas.

DESENVOLVIMENTO

Os métodos foram identificados em duas etapas, sendo à primeira por meio de uma revisão bibliográfica sistemática das publicações, de forma a conhecer os métodos de produção empregados no meio científico em escala laboratorial e também industrial (Quadro 1), e a segunda etapa através de uma pesquisa nas páginas de computadores das empresas produtoras do nanoferro (Quadro 2).

Quanto aos resultados obtidos, foram diagnosticados nove métodos de produção do nanoferro, os quais são: (1) moagem de ferro; (2) redução química líquida com boro hidreto de sódio; (3) redução química gasosa com gás hidrogênio; (4) redução termal; (5) deposição de vapor químico; (6) micro emulsão; (7) método das ondas ultrassônicas; (8) método eletroquímico e (9) síntese verde (CRANE e SCOTT, 2012; STEFANIUK et al., 2016). Apenas um destes métodos (moagem de ferro) compreende a um processo

V SEMANA DO CONHECIMENTO

**CONSTRUINDO CONHECIMENTOS
PARA A REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES**

1 A 5 DE OUTUBRO DE 2018



físico, de cima para baixo, ou seja, a produção das nano partículas ocorre a partir de partículas de tamanho maior. Este método é aplicado em larga escala pela empresa Golder Associates Ind. Os demais métodos, discutidos a seguir, são processos de baixo para cima, ou seja, a produção ocorre a partir de átomos e moléculas, e também são processos químicos de produção, no qual as reações químicas são o mecanismos de obtenção do nFeZ. No método (2) ocorre a redução dos sais de ferro usando o boro hidreto de sódio como agente redutor líquido. No método (3) ocorre a redução dos sais de ferro usando o gás hidrogênio como agente redutor gasoso, sendo aplicado em escala industrial por uma empresa Japonesa (Toda Kogyo Ltd), a qual possui a patente do processo produtivo. O método (4) reduz o Fe^{+2} em temperaturas elevadas com o uso de energia térmica na presença de agentes redutores gasosos. No método (5) ocorre a vaporização do material alvo por fontes de calor para após serem condensados rapidamente, sendo um método aplicável industrialmente, porém, pouco estudado devido aos altos custos para produção. O método (6) consiste em uma fase inorgânica em micro emulsões de água em óleo, podendo ser empregado tanto na produção do nFeZ, como também no melhoramento das suas características. No método (7) ocorre a aplicação de ondas de forma a aprimorar a produção do nFeZ pelos métodos físicos e químicos de síntese. O método (8) baseia-se na aplicação da eletrólise para a produção de nFeZ, por meio de soluções contendo sais de Fe^{+2} e Fe^{+3} , eletrodos (cátodo e ânodo) e corrente elétrica. E por fim, o método (9) corresponde a um método de biossíntese de nano partículas usando extratos de plantas ou micro-organismos. É o método que vem crescendo em estudos e aplicações em laboratório, principalmente em virtude dos poucos impactos ambientais negativos da sua produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar que a maioria dos métodos (67%) são aplicados em estudos em escala laboratorial, e 33% compreendem a métodos utilizados pelas indústrias (moagem de ferro, redução gasosa e deposição de vapor). Porém, muitas das empresas que comercializam o nFeZ não permitem a divulgação dos seus métodos de produção.

REFERÊNCIAS

- CRANE, R.A.; SCOTT, T.B. Nanoscale zero-valent iron: Future prospects for an emerging water treatment technology. **Journal of Hazardous Materials**, v. 211-212, p. 112-125, 2012.
- EPA (Environmental Protection Agency). **Nanotechnology database fact sheet**. 2010. Disponível em: https://clu-in.org/download/misc/NanoTechnology_FactSheet.pdf.
- STEFANIUK, M.; OLESZCZUK, P.; OK, Y.S. Review on nano zerovalent iron (nFeZ): From synthesis to environmental applications. **Chemical Engineering Journal**, v. 287, p. 618-632, 2016.



V SEMANA DO CONHECIMENTO

**CONSTRUINDO CONHECIMENTOS
PARA A REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES**

1 A 5 DE OUTUBRO DE 2018



ZHAO, X.; LIUA, W.; CAI, Z.; HAN, B.; QIAN, T.; ZHAO, D. An overview of preparation and applications of stabilized zero-valent iron nanoparticles for soil and groundwater remediation. **Water Research**, v. 100, p. 245-266, 2016.

V SEMANA DO CONHECIMENTO

**CONSTRUINDO CONHECIMENTOS
PARA A REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES**

1 A 5 DE OUTUBRO DE 2018



ANEXOS

Quadro 1 - Métodos de produção do nanoferro.

Método	Moagem de ferro	Redução química líquida	Redução química gasosa	Redução termal	Deposição de vapor	Micro emulsão	Ondas ultrassônicas	Eletroquímico	Síntese verde
Diâmetro (nm)	10 - 50	1 - 100	40 - 70	20 - 150	25	40 - 60	10	1 - 20	20 - 120
Área superficial (m²/g)	39	30	29	130	40 - 60	N.A.	34 - 42	25,4	5,8

N.A. – Não Avaliado

Fonte: Elaborado pela Autora, adaptado de Stefaniuk et al. (2016).

Quadro 2 - Características do nFeZ comercialmente disponível relatado na literatura.

Empresa	Método de produção	Tamanho (nm)	Área superficial específica (m ² /g)	Valor (R\$/kg)
Nano Iron (República Tcheca)	N.I.*	50	20 - 25	470,00 (pó) 100,00 - 250,00 (suspensão)
Toda Kogyo Ltd. (Japão)	Redução química com gás hidrogênio	100	23	100,00 - 130,00
Polyflon (EUA)	N.I.	100 - 200	37 - 58	N.I.
MKnano (Canadá)	N.I.	25	N.I.	4.600,00
Sky spring Nanomaterials, Inc. (EUA)	N.I.	20 - 80	7 - 60	6.800,00 - 11.190,00 -
Nanostructured & Amorphous Materials, Inc. (EUA)	Deposição de vapor químico melhorado por plasma	25	40 - 60	10.450,00
Golder Associates Inc. (EUA)**	Desgaste mecânico (moagem)	12,5	30 - 50	N.I.

N.I. – Não Informado.

* A empresa Nano Iron não divulga as informações a respeito do seu processo produtivo, por considerar este prioritário.

**A empresa Golder Associates Inc. apenas realiza a produção em larga escala de nFeZ e não a sua comercialização.

Fonte: Elaborado pela Autora, adaptado de Stefaniuk et al., (2016).