



A UTILIZAÇÃO DO FERRO DE VALÊNCIA ZERO NANO PARTICULADO NA REMEDIAÇÃO *IN SITU* DE LOCAIS CONTAMINADOS

Celeste Jorge ^{1a}, Laura Caldeira ^{1b}, Vítor Correia^{2a} e Jorge Gonçalves^{2b}

¹ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, ^a cjorge@lnec.pt e ^b laurac@lnec.pt

² Geoplano Consultores, S.A., Lisboa, Portugal, ^a vcorreia@geoplano.pt e ^b jgoncalves@geoplano.pt

Palavras-chave: Reabilitação de locais contaminados; Misturas de poluentes variados; Nanotecnologia - NVZI; Ensaio piloto.

Sumário: Apresenta-se um estudo realizado *in situ*, num ensaio piloto, para verificação da aplicabilidade da tecnologia nano – NVZI a um local muito contaminado que se pretende reconverter para ocupação urbana.

1. INTRODUÇÃO

A reabilitação de locais contaminados, nos quais se incluem o conjunto de solos e de águas superficiais e subterrâneas, tem vindo a ser realizada, durante décadas, com metodologias que utilizam processos mais ou menos complexos, com custos mais ou menos elevados, tendo em conta as características dos solos em questão e as propriedades dos contaminantes presentes. Porém, existem situações muito complexas em que os solos e as águas se encontram contaminados por misturas de compostos químicos orgânicos persistentes (ex. PCE, TCE, tetracloreto de carbono; pesticidas – lindano e DDT), por nitratos, por explosivos (ex. TNT e RDX) e por metais (metais pesados – Cr, Ni, Pb, As, etc.), constituintes altamente nocivos para os ecossistemas e para a saúde pública, em geral, e cuja reabilitação é limitada do ponto de vista económico e técnico.

Com o propósito de dar resposta a este problema, têm vindo a ser desenvolvidas novas técnicas de reabilitação baseadas na utilização de ferro de valência zero nano particulado (NZVI – sigla internacional). Apesar de já terem sido realizados, até ao presente, diversos tratamentos de locais contaminados por NZVI, a aplicação deste tipo de tratamento continua, ainda, em fase de desenvolvimento, dada a diversidade das situações a serem abordadas e a necessidade de garantia da manutenção dos resultados obtidos, em condições naturais em constante evolução. Por este motivo, continuam a desenvolver-se ensaios piloto em condições variadas, com o objetivo de suportar a aplicabilidade e a eficácia desta tecnologia.

2. CARACTERÍSTICAS DO FERRO DE VALÊNCIA ZERO NANO PARTICULADO (NZVI)

O NZVI é um material fabricado, que não existe no estado natural, em que as suas aplicações têm sido, essencialmente, focadas nas propriedades de cedência de eletrões. Devido às dimensões das suas partículas, misturas realizadas com água têm sido injetadas sob pressão e/ou apenas por criação de um fluxo que funciona pela ação da gravidade na área contaminada.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DO ENSAIO PILOTO REALIZADO

Foi efetuado um ensaio piloto numa parcela de terreno de um complexo industrial, em fase de reconversão, no Barreiro, cuja contaminação é caracterizada pela presença de metais pesados (Zn, Cu, Pb, As, Ni, Sn, Co e Ba), de sulfatos e de nitratos. Nesta área ocorrem terrenos Pliocénicos, representados por areias de grão grosseiro a médio, com matriz silto-argilosa, com intercalações argilosas centimétricas. Verifica-se a influência do efeito de maré no nível freático local, classificando o sistema aquífero do tipo semi-confinado.

4. AFERIÇÃO LABORATORIAL PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA NZVI

Com o objetivo de avaliar a eficácia do NZVI na degradação dos contaminantes presentes nas amostras de solo e de água recolhidas durante a instrumentação do campo de ensaios na área em estudo, foram efetuados ensaios laboratoriais cinéticos de concentração sobre as mesmas. Os ensaios laboratoriais permitiram aferir os efeitos da adição para 3 concentrações diferentes de NZVI (0,3, 1,4, e 7,1 g_{NZVI}/L_{água}) às amostras de solos e de águas contaminadas.

5. APLICAÇÃO *IN SITU* – ENSAIO PILOTO E SUA MONITORIZAÇÃO

A área do ensaio piloto foi dividida em quatro zonas – Zonas I, II, III e IV, com dimensões e fins distintos: nas Zonas I, II e IV foram avaliados os efeitos de injeção de diferentes concentrações de NZVI (3, 1 e 7 g_{NZVI}/L_{água}) na redução das concentrações de contaminantes na zona saturada; e na Zona III avaliou-se o efeito da adição de NZVI, na concentração 1 g_{NZVI}/L_{água}, no meio não saturado (solo).

6. CONCLUSÕES

1 – Os resultados das avaliações analíticas sobre as amostras de água colhidas nas Zonas I, II e IV apresentam diferenças significativas nas concentrações de sulfatos, de nitratos e de metais, antes e após da injeção de NZVI, nos piezómetros localizados na proximidade imediata (3 m) dos pontos de injeção. Pelo contrário, nos piezómetros localizados a mais de 6 m dos pontos de injeção, os efeitos da injeção de NZVI não traduzem uma tendência definida. As diferenças médias das concentrações de sulfatos, de nitratos e de metais nas amostras de águas recolhidas nestas zonas são ligeiramente mais significativas a jusante do ponto de injeção de NZVI, o que confirma a influência do fluxo hídrico subterrâneo no transporte das nano partículas.

2 – Os melhores resultados de redução das concentrações de sulfatos, de nitratos e de metais pesados nas águas subterrâneas verificaram-se com a injeção da solução com 3 g/L de NZVI (Zona I), tendo a concentração de quase todos os contaminantes (13 em 14) sofrido um decréscimo superior a 50%. O As foi o único contaminante cuja concentração aumentou com a injeção de 3 g/L de NZVI. Com a injeção da solução com 7 g/L de NZVI (Zona IV) os resultados foram erráticos, verificando-se o decréscimo da concentração de alguns contaminantes e o incremento de outros. Contudo, nesta situação, ocorreu a diminuição da concentração de As em 50%. Estes dados contrariam o estudo laboratorial prévio de doseamento e evidenciam a complexidade dos fatores explicativos dos resultados obtidos.

3 – No que respeita à redução de contaminantes nas águas subterrâneas, admite-se que a formação de hidróxidos de Fe, após a injeção de NZVI, permite assegurar a existência de uma fase sólida com elevada área superficial e capacidade de adsorção, com a qual os metais em solução possuem grande afinidade, sendo este um mecanismo explicativo provável para os resultados obtidos. Contudo, a variação do pH do meio, intimamente relacionada com o referido mecanismo, evidencia que haverá outros fatores a ter em conta, carecendo as singularidades detetadas de investigação adicional.

4 – Os resultados dos ensaios em lixiviados de amostras de solos recolhidas (Zona III) evidenciam duas situações distintas: a) nas amostras mais superficiais (0,5 a 2,5 m) ocorre a diminuição da concentração de todos os contaminantes nos lixiviados; e b) nas amostras colhidas a maior profundidade (2,5 a 3,5 m) verifica-se que ocorre o incremento da concentração de Cu e de Ba, e só as concentrações de Zn e de Ni diminuem de forma relevante.