

Ensaio-piloto

Injeção de EHC-M® para remediação de chumbo

em água subterrânea

Estudo de caso – Fábrica de baterias – São Paulo

Eduardo Pujol Junior;
SGW Services, São Paulo – Brasil
Josephine Molin;
Adventus Group, Illinois – EUA
Andrzej Przepiora;
Adventus Group, Waterloo – Canadá

Sumário

O produto EHC-M® da Adventus Group tem se mostrado de grande eficiência na imobilização de chumbo em água subterrânea, como mostram dados recentes de ensaio-piloto realizado em fábrica de bateria localizada no Estado de São Paulo. Após a injeção do EHC-M em novembro de 2007, foram realizadas subseqüentes campanhas de monitoramento nos meses de janeiro, fevereiro, março e junho de 2008, quando se observou concentrações de chumbo inferiores ao limite de detecção do método analítico para chumbo de 10 ppb, o que representou uma redução superior a 97%. O tratamento também consistiu no ajuste do pH ácido para uma faixa próxima a 8 na área do ensaio.

O desafio

A água subterrânea do site encontra-se impactada por chumbo em concentrações de até 600 ppb, sendo que a pluma de contaminação avançou para fora do site, atingindo uma extensão de, aproximadamente, 250 metros de comprimento, 150 metros de largura e 30 metros de profundidade.

O nível d'água médio local observado foi de 15 metros. Também existe uma pluma de menor extensão a norte da planta medindo cerca de 50 metros de comprimento, 50 metros de largura e 30 metros de profundidade.

O objetivo do ensaio-piloto foi imobilizar o chumbo na matriz de solo a fim de impedir a continuidade da migração da pluma de contaminação junto ao fluxo de água subterrânea. Este processo consistiu na injeção de EHC-M no aquífero local, produto este patentado e fornecido pela Adventus

Group e executado pela SGW Services Engenharia Ambiental, com o objetivo de promover a precipitação do chumbo solúvel em sulfetos estáveis. Dados preliminares do site mostraram condições oxidantes do meio com oxigênio dissolvido em água entre 2 a 6 ppm e potencial Redox da ordem de 80 a 400 mV. Também fez parte do processo-piloto o ajuste de pH para próximo de 8, uma vez que medições de referência apontaram pH da ordem de 2,5 na área estudada. A geologia local é composta por areia fina e argila arenosa e o fluxo de água subterrânea estimado em 3 metros por ano.

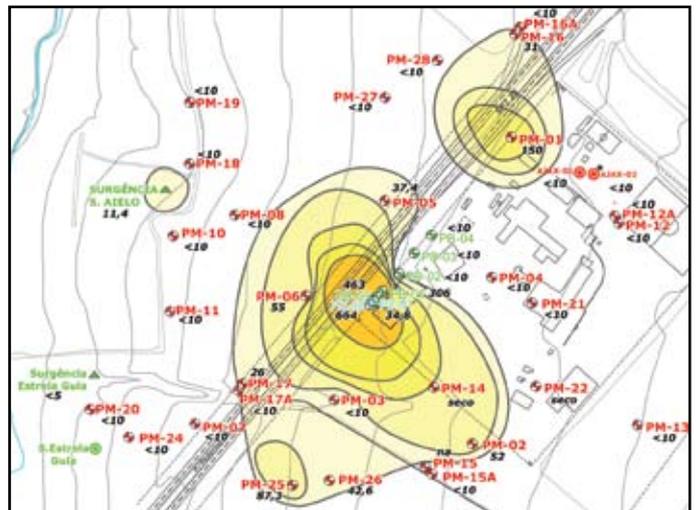


Figura 1: Concentração de chumbo na água subterrânea monitorada em novembro de 2007 (ppb)

EHC-M® para imobilização in-situ de chumbo nas águas subterrâneas

O chumbo metálico tem maior estabilidade apenas em condições de baixo potencial Redox e pH variando de ligeiramente ácido a extremamente básico (Figura 2). Como



Atividades desenvolvidas em campo, como preparação da mistura de EHC-M e injeção, com o emprego de equipamento tipo Geoprobe

resultado, muitas vezes o Pb é transformado em outras formas oxidadas, como hidro-cerusita $[Pb_3(CO_3)_2(OH)_2]$, cerusita $[PbCO_3]$, $PbCO_3$, $PbSO_4$ e alguns traços de óxido de chumbo $[PbO]$. A fase mineral da hidro-cerusita é estável com pH entre 7,7 e 10, enquanto a cerusita é estável entre as faixas de 6 e 7,7. No entanto, as faixas de estabilidade do $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$ e do $PbCO_3$ irão variar devido a mudanças nas constantes termodinâmicas e concentração de Pb total solúvel.

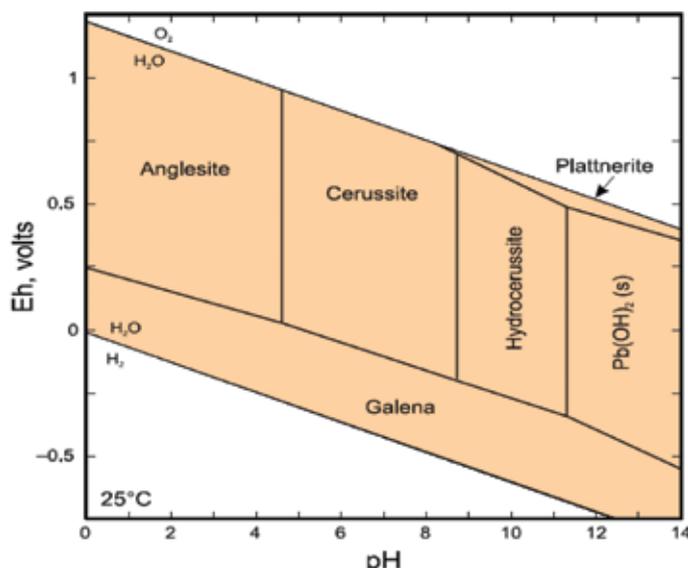


Figura 2: Diagrama de equilíbrio e estabilidade Eh-pH para sólidos e soluções em sistemas contendo Pb + CO₂ + H₂O a 25°C e 0,101 MPa

O EHC-M® combina a liberação controlada de fonte de carbono e ferro zero valente (ZVI), além de íons de sulfeto. Após a injeção do EHC-M no subsolo, ocorre uma combinação de reações químicas e biológicas que proporcionam condições favoráveis à criação de um ambiente extremamente redutor, elevando os níveis de ferro reduzido e sulfeto. Desta forma, o Pb(s) estará fortemente ligado sob condições redutoras, como carbonatos e óxidos de ferro.

Para complementar a influência do EHC-M e facilitar a atividade bacteriana local foi adicionada a injeção de calcário em pó, a fim de corrigir o pH a níveis básicos acima de 7. O incremento do pH do aquífero deve reduzir de forma considerável a solubilidade da hidro-cerusita e cerusita, na qual apresentam mínima solubilidade apenas em ambientes com pH próximo a 9. O aumento no pH deve melhorar as condições para atividades bacterianas e a adição de calcário

deve aumentar, também, as concentrações de carbonatos totais, resultando, por sua vez, na limitação de mobilidade do chumbo no aquífero. Na presença de fosfato, o chumbo também irá se imobilizar em forma de piromorfita $(Pb_5(PO_4)_3OH)$ ou cloro-piromorfita $(Pb_5(PO_4)_3Cl)$, ambos extremamente insolúveis em água.

Ensaio-piloto de campo

O ensaio piloto de campo objetivou: i) validar o desempenho do EHC-M em condições locais; ii) avaliar a eficiência construtiva do método, com injeção composta da mistura EHC-M/calcário em pó. A mistura de EHC-M, calcário em pó e água foi aplicada em 12 pontos de injeção com espaçamento de 3 metros com o uso de tecnologia de metodologia direct push (Figura 3). A área objeto do ensaio-piloto foi locada a montante do poço de bombeamento PB-01, e limitou-se a uma dimensão de 12 metros de comprimento, 9 metros de largura e profundidade aproximada de 28 metros (Figura 4).

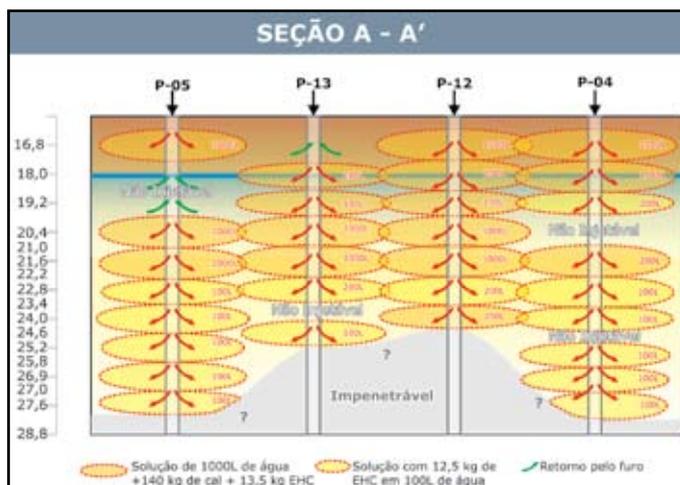


Figura 3: Seção A-A' dos pontos de injeção

A dosagem de EHC-M e calcário em pó injetados na zona de ensaio respeitou a seguinte proporção:

- Um total de 1.000 kg de EHC-M foi injetado no subsolo partindo de 17 metros de profundidade até uma cota de 28 metros, dentre o qual resultou em uma taxa de diluição de aproximadamente 0,05% da massa de solo tratado, sendo este estimado em, aproximadamente, 2 mil toneladas.
- Um volume aproximado de 5.000 kg de calcário em

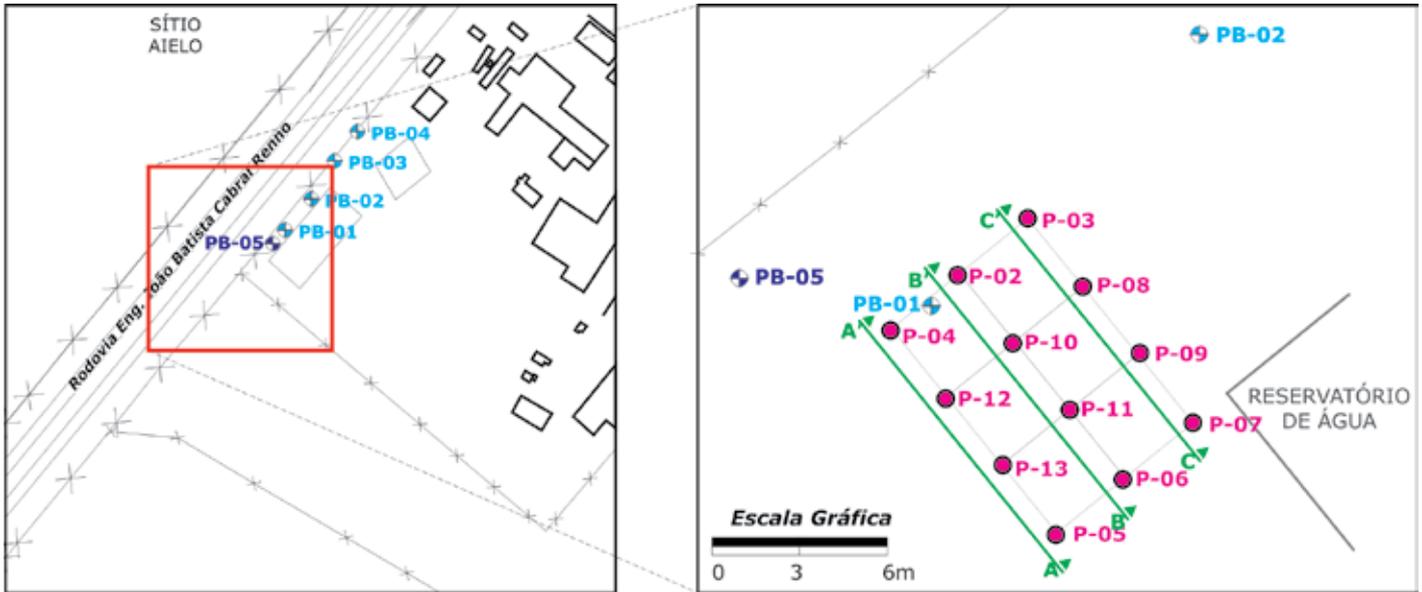


Figura 4: Layout dos poços de monitoramento e malha de pontos de injeção (3 m)

pó foi injetado nos mesmos pontos concomitante à injeção do EHC-M, a fim de ajustar o pH da área, resultando em uma proporção aproximada de 0,5% da massa de solo tratado.

Resultados

Em posteriores campanhas de amostragem realizadas em janeiro, fevereiro, março e junho de 2008, as concentrações de chumbo em água subterrânea observadas no poço PB-01 mostraram-se abaixo do limite de detecção do método de 10 ppb. Isto representa uma redução superior a 97% se comparado com campanha de amostragem de novembro de 2007, quando apresentava 306 ppb de chumbo em água (Gráfico 1).

A solução tecnológica de redução química in-situ com o emprego do EHC-M tem se mostrado no mundo todo como

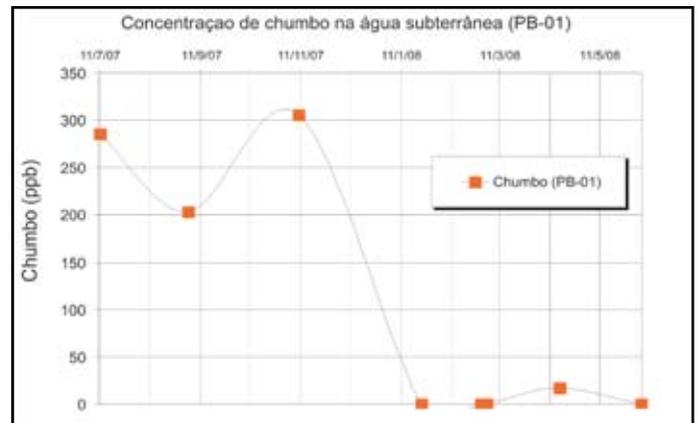


Gráfico 1: Evolução das concentrações de chumbo no PB-01 antes e após injeção do EHC

sendo segura, eficiente e de baixo custo na remediação de áreas impactadas por metais pesados de alta toxicidade, como arsênio, chumbo, mercúrio, cádmio e cromo hexavalente, entre outros.☼