

REMEDIAÇÃO PASSIVA DE COMPOSTOS MENOS DENSOS QUE A ÁGUA COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PROJETOS DE REMEDIAÇÃO

Nathalie Fonseca Gomes¹, Camila G. R. Elias², Walmor Barros de Camargos²

Resumo

A remediação de áreas contaminadas representa um grande desafio na indústria de petróleo e derivados, pois depende de técnicas com elevado custo financeiro e energético. O presente trabalho objetiva discutir o uso da remoção hidráulica manual (remediação passiva) em projetos onde a recuperação ativa de combustível presente em fase livre não se mostra mais eficiente. Foram avaliados três estudos de caso com contaminação do solo e água subterrânea por diesel; após sucessivas campanhas de remediação, ainda havia persistência de produto livre, mesmo cessadas as fontes primárias de contaminação. Em um dos estudos de caso foram realizadas 5 ações de remediação com recuperação de 886 L de produto e 2.000 m³ de água. A transmissividade do produto (considera características do produto e do meio) foi utilizada como métrica para avaliar a eficiência destas ações: os resultados evidenciam que apesar da persistência de combustível em fase livre, a última campanha não se mostrava mais eficiente em removê-lo. A remediação passiva como alternativa a um novo projeto de extração ativa encerrou este caso, pois não restou contaminação por fase dissolvida, e promoveu uma economia de 98% dos custos previstos, o que revela esta tecnologia como alternativa complementar sustentável para projetos de remediação.

Abstract

The remediation of contaminated areas poses as a great challenge on the petroleum and derivatives industry and relies on high cost and energy techniques. The present work intends to discuss the use of manual hydraulic removal (passive remediation) on projects where the active recovery of combustible products is no longer efficient. Three case studies on contamination of soil and groundwater by diesel were evaluated; for all, even after sequential remediation campaigns and absence of active contamination sources, there was still remaining product on groundwater. On a case study, five remediation projects were developed with a final yield of 886 L of diesel and 2000 m³ of water. Product transmissivity – which considers product and media characteristics – was used as a performance metric to evaluate these projects efficiency: the results show that despite the product persistency, the last campaign was no longer efficient. The use of passive remediation as an alternative to a new active extraction proposal closed up the case, considering the absence of dissolved phase contamination, and raised an economy of 98% of the initial cost predicted, which indicates this technology as a sustainable alternative for remediation projects.

Palavras-chave: LNAPL, Remediação, Remoção hidráulica, Remediação Passiva

¹ Petrobras Distribuidora S.A. – Gerência Regional de Engenharia, Segurança e Meio Ambiente Sudeste – Nathalie@br.com.br

² Petrobras Distribuidora S.A. – Gerência de Sustentabilidade Ambiental – Camilagramalho@br.com.br

² Petrobras Distribuidora S.A. – Gerência de Sustentabilidade Ambiental – Walmor@br.com.br

1. Introdução

O gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil ainda se mostra incipiente; o Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas – BDNAC, embora instituído em 2009, apresenta somente as informações cadastrais do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais [1]. Estes estados registram cerca de 5.485 áreas contaminadas; 90% destas somente no estado de São Paulo [2]. Apesar de expressivo, este número ainda não representa a realidade nacional, embora evidencie a magnitude do problema.

A contaminação de uma área por produtos leves (LNAPL- *Light Non Aqueous Phase Liquids*) derivados de petróleo pode comprometer a qualidade de recursos hídricos, restringir o uso do solo e da água subterrânea, promover danos ao patrimônio público e privado, além de oferecer risco à saúde humana [2]. Isto posto, a recuperação destas áreas geralmente se dá por meio de técnicas de remediação de elevado custo financeiro, alto gasto energético, consumo de recursos naturais e dispêndio de tempo. A definição da técnica a ser aplicada envolve uma análise das características hidrogeológicas do local, a extensão da contaminação e o risco a ela associado, o tipo de contaminante, as concentrações a serem atingidas, a infraestrutura local e o custo-benefício. Além de atingir o resultado esperado, espera-se que a solução empregada possibilite um equilíbrio entre as variáveis econômica, social e ambiental. Neste contexto, dentre as tecnologias de remediação disponíveis, a técnica de remoção hidráulica manual, também denominada remediação passiva, se propõe a recuperar produto combustível livre da água subterrânea e solo com baixo custo e exíguo gasto energético [3].

O presente trabalho objetiva discutir o uso da remediação passiva em projetos de remediação nos quais a recuperação ativa de combustível ainda presente em fase livre não se mostra mais eficiente. A técnica avaliada, além de promover a redução de custo, não consome energia elétrica, gera quantidade reduzida de resíduos, não extrai água, é de fácil implantação e não insere novas substâncias químicas no subsolo, o que representa uma alternativa complementar e sustentável às dispendiosas e tradicionais tecnologias de remediação.

2. Material e Métodos

A técnica de remediação passiva consiste na remoção manual de LNAPL dos poços de monitoramento por meio de amostradores tubulares descartáveis de PVC – *bailers* – e pela ação de bastões absorventes hidrofóbicos. Diferente dos métodos ativos, utiliza-se

do gradiente de pressão natural para remover o contaminante. O produto disponível no poço é removido com *bailer* até a fase livre aparente ser reduzida a espessuras milimétricas; em seguida, o bastão absorvente é inserido e mantido no poço, parcialmente submerso, até sua saturação. O bastão flutua junto com a variação no nível d'água, mantendo-se na superfície. A remediação passiva aplica-se a áreas com fase livre em pequenos volumes, além de locais de difícil acesso, ou como ação complementar a outras técnicas.

3. Resultados e Discussão

A avaliação da remoção passiva como alternativa às tecnologias tradicionais para recuperação de produto livre em etapas avançadas de projetos de remediação foi testada em três áreas contaminadas por diesel, doravante referidas como estudos de caso 1, 2 e 3. Estes estão localizados no estado de Minas Gerais e se inserem em um contexto hidrogeológico similar: solos de granulometria fina, baixa condutividade hidráulica (10^{-4} a 10^{-6} cm/s) e nível de água variando entre 5 a 8 metros.

Em todos os casos já haviam sido aplicadas técnicas de remediação baseadas em tecnologias de extração ativa; ainda assim, ao final da etapa de remoção, ocorria persistência de produto livre em pequenos volumes. O estudo de caso 1 passou por 5 campanhas de remediação por extração ativa – entre 2004 e 2012, que totalizaram 887,68 litros de combustível recuperados e 2.165.490 litros de água subterrânea extraídos, como pode ser observado na figura 1a.

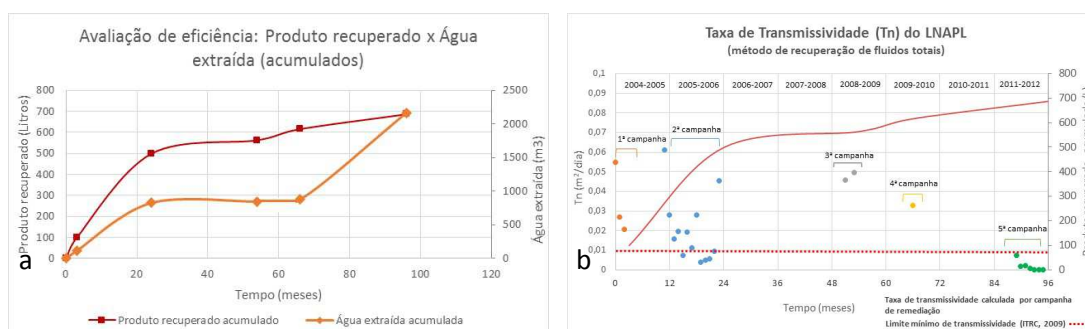


Figura 1. (a) Análise comparativa da quantidade de produto (diesel) recuperado em relação a quantidade de água extraída nas campanhas de remediação por bombeamento ocorridas entre 2004 e 2012 no estudo de caso 1. Os anos se referem às quantidades de água e produto ao final das campanhas de remediação. (b) Histórico da taxa de transmissividade calculada para as campanhas de remediação por bombeamento realizadas entre 2004 e 2012 no estudo de caso 1. No eixo secundário se identifica a quantidade de produto removido ao longo do tempo; as cores diferenciadas se referem às transmissividades calculadas para cada período.

O gráfico de recuperação de produto em relação à água bombeada permite observar, a partir do 66^o mês, uma queda brusca na eficiência do processo: foram 1000

m³ de água bombeados para apenas 100 L de produto removido, enquanto a média anterior foi 7 vezes maior. A transmissividade (T_n) é um parâmetro utilizado como métrica para avaliar o desempenho de projetos de remediação; funciona como um indicador da capacidade de uma formação geológica transportar o LNAPL para o interior de um poço [3]. Este conceito foi aplicado para examinar o histórico do caso 1 e avaliar sua evolução, de modo a permitir uma análise crítica da eficiência do processo. A figura 1b traz o gráfico resultante dos valores de transmissividade calculados para 5 campanhas de remediação. A norma americana E-2856 foi utilizada como referência para cálculo deste parâmetro [4].

De acordo com documento do ITRC [3], valores de transmissividade entre 0,009 e 0,07 m²/dia – aliados a um robusto modelo conceitual – justificam o encerramento de remediações por remoção mecânica, pois fica comprovada a irreversibilidade de produto do solo. A avaliação da transmissividade no caso 1 permite observar que todas as ações de remediação ocorreram dentro deste intervalo, presumivelmente em função da baixa condutividade hidráulica do local. Valores abaixo do limite mínimo de 0,009 m²/dia de T_n revelam insustentável o processo de extração, fato ocorrido na campanha de 2012, como pode ser observado na figura 1b. Ainda assim, havia produto livre persistente; nestes casos, em que o bombeamento já não se mostra eficiente, a remoção passiva representa ótima alternativa para a eliminação da fase livre. Embora a análise crítica indique que antes da campanha de 2012 a remoção manual já poderia ter sido empregada, este procedimento foi aplicado somente depois e economizou 97,78% do custo previsto inicialmente para uma nova extração no caso 1. Nos estudos de caso 2 e 3, a economia alcançada foi de 70% e 83%, respectivamente. Além da redução de custos – pilar econômico, a facilidade de execução – pilar social – e a patente redução no consumo de energia, geração de efluentes e extração de água – pilar ambiental – revelam a remediação passiva como uma alternativa sustentável para projetos de remediação onde a recuperação ativa de produto não mais se mostra eficiente.

4. Referências Bibliográficas

[1] IBAMA, 2015. Áreas Contaminadas. Diretoria de Qualidade Ambiental. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/areas-tematicas/qualidade-ambiental>. Último acesso: 20/04/2015.

[2] Cetesb, 2013. *Relação de Áreas Contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo*. Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental, Departamento de Áreas Contaminadas. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/areas-contaminadas/2013/texto-explicativo.pdf>. Último acesso: 20/04/2015.

[3] Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), 2009. *Evaluating LNAPL Remedial Technologies for Achieving Project Goals*. Disponível em: www.itrcweb.org/GuidanceDocuments/LNAPL-2.pdf. Último acesso: 20/04/2015.

[4] American Society for Testing and Materials (ASTM), 2013. *E-2856: Standard Guide for Estimating LNAPL Transmissivity*. Disponível em <http://www.astm.org/Standards/E2856.htm>. Último acesso: 20/04/2015.