

# ESTIMATIVA DA MASSA RETIDA DE CONTAMINANTES UTILIZANDO FERRAMENTAS DE ALTA RESOLUÇÃO (HRSC)

Marcos Tanaka Riyis <sup>1</sup>; Rafael Muraro Derrite <sup>2</sup>; Mauro Tanaka Riyis <sup>3</sup>

## RESUMO

Uma das principais perguntas a serem respondidas pela investigação detalhada e pela investigação para remediação no Gerenciamento de Áreas Contaminadas é a massa total de contaminante que precisa ser remediada, seja pela remoção de massa, seja por transferência ou mudança de estado desse contaminante. Quando a maior parte da massa se encontra em fase retida, a abordagem tradicional de amostragem de solo apresenta muitas incertezas, que não permitem uma boa estimativa dessa massa total. O presente trabalho mostra um estudo de caso em que diversas ferramentas de investigação de alta resolução foram utilizadas em combinação para determinar, delimitar e caracterizar as diversas camadas estratigráficas de um solo residual contaminado por óleo lubrificante de cadeia longa. Além dessa avaliação em detalhe do meio físico, foram coletadas e encaminhadas ao laboratório de análises químicas muitas amostras de cada ponto de amostragem. O cruzamento das informações em detalhe do meio físico com as concentrações pontuais permitiram uma estimativa muito precisa da massa total de óleo lubrificante retido a ser remediado. A massa estimada pela investigação de alta resolução é de 30.591 Kg, enquanto a massa estimada por abordagem tradicional era de 73.800 Kg, mostrando que uma investigação adequada reduz os custos na remediação.

## ABSTRACT

One of the main questions to be answered by site assessment and remedial site investigation in Contaminated Sites is the contaminant mass that needs to be removed, either by mass removal remediation technics, either by transfer of this mass. When most of the mass is adsorbed phase, the traditional soil sampling approach has many uncertainties that do not allow a good mass estimate. This paper shows a case study in which several high-resolution site characterization (HRSC) tools were used in combination to determine, define and characterize the different stratigraphic layers of a residual soil contaminated by lubricating oil. In addition to the physical environmental detailed evaluation, many soil samples in many sample points were collected and sent to the chemical analysis laboratory. The crossing of the information in detail the physical environment with specific concentrations allowed a very accurate estimate of the total mass of adsorbed lubricating oil to be remedied. The estimated mass by HRSC was 30591 kg, while the mass estimated by traditional approach was 73800 kg, showing that a proper investigation reduces costs in remediation

**Palavras-chave:** Investigação de alta resolução, áreas contaminadas, remediação, modelo conceitual, amostragem de solo

**Keywords:** High-resolution site characterization, conceptual site model, soil sampling, remediation, contaminated lands

---

<sup>1</sup> ECD Sondagens Ambientais / Centro Universitário SENAC – (15) 3222-0522 – marcos@ecdambiental.com.br

<sup>2</sup> Naturea Soluções Socioambientais – rafael@naturea.com.br

<sup>3</sup> ECD Sondagens Ambientais Ltda – (15) 3222-0522 – mauro@ecdambiental.com.br

## 1 – INTRODUÇÃO

O Decreto 59.263, que regulamenta a Lei Estadual 13.577, estabelece que, nos projetos de intervenção em áreas contaminadas, sejam priorizadas medidas de remoção de massa [1]. Para que essa massa seja removida, é preciso que o Modelo Conceitual da área tenha definido, de forma clara, a quantificação dessa massa, onde ela está e qual a sua interação com o meio físico. Esse Modelo Conceitual é definido no transcorrer das etapas de diagnóstico [2]. Diversas referências [3, 4] apontam que a maior parte da massa de contaminante está em fase retida, adsorvida ou residual, inclusive na zona saturada, portanto, a quantificação dessa massa que está de alguma forma ligada ao solo é fundamental para qualquer plano de intervenção que envolva remediação. Procedimentos da CETESB para investigação de hidrocarbonetos de petróleo obrigam uma avaliação, em campo, da presença de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) no solo somente até a franja capilar [5], portanto, não existe a obrigatoriedade de amostrar o solo na zona saturada. Da mesma forma, o senso comum no Brasil entende que seguir o Manual do Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB [2], significa amostrar o solo até a franja capilar e a água subterrânea na zona saturada, ou seja, são raras as vezes em que ocorre amostragem de solo na zona saturada para determinação da massa retida, ou mesmo da massa total.

## 2 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas 29 sondagens *Direct Push-Dual Tube* em uma área contaminada por óleo lubrificante, com o objetivo de: determinar o perfil estratigráfico inicial, fazer um *screening* de fase retida em campo, coletar amostras para análise química e identificar as camadas de fluxo preferencial (unidades aquíferas significativas). De acordo com o procedimento, nos pontos em que o equipamento indicasse a presença de fase retida de Hidrocarbonetos de Petróleo (HP) com equipamento de luz UV-A, seriam selecionadas as amostras para encaminhamento ao laboratório de análises químicas para o parâmetro TPH-Total.

A interpretação tradicional indicaria a necessidade de se enviar 01 amostra de solopor ponto para o laboratório, na profundidade em que se obtivesse o maior valor de VOC medido em campo, ou da franja capilar. A amostragem de solo tradicional seria de metro em metro, onde um amostrador *liner* seria serrado ao meio, com metade dele servindo de base para a medição de VOC e a outra metade armazenada em temperatura menor que 4<sup>o</sup> C. Se aquela alíquota fosse selecionada, o solo da metade do *liner* seria

colocado em parte dentro do frasco e enviado ao laboratório, que fazia sub-amostras para submeter à análise química [5]. Nessa abordagem, as incertezas são muito grandes, pois um frasco representa 1,0 m do perfil do solo e há uma grande variação de concentração dentro de 1,0 m. Considerando o maior valor obtido do ponto e extrapolando esse valor para o perfil inteiro desse ponto, seriam plotadas as isolinhas de concentração de TPH-Total em fase retida. Com esse procedimento, obtém-se a massa de 73,8 toneladas de TPH retido no solo.

A interpretação da massa retida através da abordagem de alta resolução visa avaliar em escala de detalhe a distribuição do contaminante e sua interação com o meio físico. A importância dessa interação está de acordo com as mais recentes abordagens para investigação de áreas contaminadas [4], [6]. O protocolo de amostragem seguiu o procedimento denominado *whole-core soil sampling* (WCSS) [3], que é parte fundamental de uma abordagem de investigação de alta resolução (HRSC) [4], [7], e consiste em determinar em detalhe a distribuição da massa de contaminantes que está retida ao solo, especialmente nas zonas de baixa permeabilidade, onde costuma estar 90% da massa total dos contaminantes em uma área fonte [6], [7].

O cálculo da massa total de TPH em fase retida, nessa abordagem, foi feito da seguinte forma: em cada ponto de amostragem de solo, são delimitadas as espessuras das camadas de acordo com suas características físicas; Tomando-se uma área-base, de 1,0 m<sup>2</sup>, obtém-se o volume de solo dessa camada; Com o valor de densidade dessa camada específica, obtém-se a massa (Kg) de solo relativa a esse volume; Com os valores de concentração de TPH (mg/Kg), obtém-se a massa retida no solo por m<sup>2</sup> de área; em planta, verifica-se a área que cada ponto representa e multiplica-se a massa obtida (Kg/m<sup>2</sup>) por essa área calculada, obtendo-se a massa total retida;

A massa total de TPH retido calculada através da abordagem de alta resolução é de 30.591 Kg.

### **3 – CONCLUSÕES**

A elaboração de um adequado Modelo Conceitual é condição primordial para um projeto de remediação minimamente eficaz. Para se elaborar esse Modelo Conceitual, é preciso que a etapa de investigação da área contaminada seja conduzida corretamente, mas isso nem sempre é feito, devido ao (aparentemente) custo mais elevado e/ou ao desconhecimento dos profissionais, que preferem seguir o passo-a-passo dos procedimentos tradicionais, acarretando em erros no diagnóstico. Um desses erros é a

estimativa de massa retida, que, se for feita pela abordagem tradicional, leva em conta apenas a zona não saturada e toma uma única amostra (com erros no processo de amostragem) para representar toda a extensão vertical daquele ponto, sem levar em conta o meio físico em que a massa está inserida. A abordagem de alta resolução, por outro lado, prioriza a investigação detalhada do meio físico, da interação massa/meio e o entendimento da distribuição vertical do contaminante, na zona não saturada e na zona saturada, particularmente nas regiões de baixa permeabilidade.

O presente trabalho mostrou que a diferença no cálculo da massa retida pelas duas abordagens foi muito grande nesse caso (73,8 toneladas na abordagem tradicional e 30,6 toneladas na abordagem de alta resolução), e se a abordagem tradicional fosse utilizada como único diagnóstico da área, os custos de revitalização seriam muito superiores ao necessário. Portanto, um custo mais alto na etapa de investigação se justifica plenamente, na medida em que esse recurso será economizado na etapa posterior.

#### 4 – REFERÊNCIAS

- [1] SÃO PAULO. **Decreto Nº 59.263, de 05 de Junho de 2013. Regulamenta a Lei nº 13.577, de 08 de julho de 2009, que dispõe sobre as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas.** São Paulo. 2013. Legislação Estadual.
- [2] CETESB – Companhia Ambiental de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** 1999. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/manual.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp)>
- [3] ELIS, R. E. **Summary of Findings for the 2013; High-Resolution Groundwater Hydraulic Investigation and Geochemical Investigation; Former Burgress-Norton Mfg. Co., Inc.; 660 Nims Street; Muskegon, MICHIGAN; MDEQ Site ID 61000410.** Relatório Técnico submetido ao Michigan Department of Environmental Quality. Arcadis-US. Michigan Office. 09/04/2014. Disponível em [http://nimsreport.com/documents/2F2013\\_660\\_Nims\\_Investigation\\_Report\\_MDEQ\\_Text-Tables-Figures\\_Final.pdf](http://nimsreport.com/documents/2F2013_660_Nims_Investigation_Report_MDEQ_Text-Tables-Figures_Final.pdf)
- [4] PITKIN, Seth. **High Resolution Site Characterization at TRIAD Approach.** In: Triad Investigation: New Approaches and Innovative Strategies. 2008. Disponível em [www.clu-in.org/conf/tio/triad4/prez/triad4ppt.ppt](http://www.clu-in.org/conf/tio/triad4/prez/triad4ppt.ppt)
- [5] CETESB – Companhia Ambiental de São Paulo. **Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC).** São Paulo. Publicado em 02/02/2007
- [6] CHAPMAN, Steven; PARKER, Beth. **High-Resolution Field Characterization and Numerical Model of Contaminant Storage and Release for Low Permeability Zones.** SERDP/ESTCP Partners in Environmental Technology Technical Symposium and Workshop. Washington/DC. Dez/2011
- [7] CHERRY, J. PARKER, B. **DNAPL Contamination on Groundwater.** Anais do I Congresso Internacional do Meio Ambiente Subterrâneo (CIMAS). São Paulo-SP. Setembro, 2009.