

### **III CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO**

## **CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS (CMA) PARA HIDROCARBONETOS NO MEIO FÍSICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Hiram Jacques Alves de Rezende<sup>1</sup>; Patrícia Rocha Maciel Fernandes<sup>2</sup>.

### **RESUMO**

Este estudo definiu valores NABR (Níveis Baseados no Risco) para hidrocarbonetos no Estado de Minas Gerais, Brasil. Os valores foram obtidos através da metodologia RBCA, usando dados hidrogeológicos dos domínios geológicos do Estado. Os parâmetros apropriados para a população urbana, bem como os dados de toxicidade de compostos, foram obtidos a partir de fontes bibliográficas e bases de dados toxicológicos. As tabelas de referência demonstraram que o compartimento formado por rochas cristalinas apresentaram os valores mais baixos quando comparados com as médias dos outros compartimentos do Estado. Em comparação com tabelas de referência da Cetesb, os valores em Minas Gerais são mais baixos, resultando na necessidade de estudos ambientais mais detalhados de hidrocarbonetos em áreas contaminadas.

Palavras chave: Gestão de áreas contaminadas, domínios geológicos, meio ambiente.

### **ABSTRACT**

This study defined RBSL (Risk Based Screening Levels) values to hydrocarbons in Minas Gerais State, Brazil. The values were obtained through the RBCA methodology, using hydrogeological data from the geological domains in the State. The exposure parameters appropriate to the urban population, as well as toxicity data of selected compounds, were obtained from bibliographical sources and toxicological databases. The reference tables demonstrated that the compartment formed by crystalline rocks showed the lower values when compared to the averages of the other compartments of the State. In comparison to Cetesb's reference tables, the values in Minas Gerais are lower, resulting in the need of more detailed environmental investigations in hydrocarbons polluted areas.

**Keywords:** Management of contaminated sites, geological domains, environment.

<sup>1</sup> IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas; Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n, Prédio Minas – Belo Horizonte/MG, Cep: 31.630-900; tel. (31) 3915-1118 / e-mail: hiram.rezende@meioambiente.mg.gov.br;

<sup>2</sup> FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente; Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/n, Prédio Minas – Belo Horizonte/MG, Cep: 31.630-900; tel. (31) 3915-1107 / e-mail: patricia.fernandes@meioambiente.mg.gov.br.

## 1 – INTRODUÇÃO

As CMAs são valores adotados na metodologia de tomada de decisões baseadas no risco a saúde humana, conhecida como ACBR – Ações Corretivas com Base no Risco (CETESB, 2006), ou pela sigla que corresponde aos termos em inglês RBECA – Risk Based Corrective Action (“rebeca”). As CMAs representam as concentrações máximas admissíveis de determinada substância, sendo que, acima do valor estabelecido, há a probabilidade de ocorrência de um ou mais efeitos adversos em receptores humanos.

Os modelos aplicados nos cálculos das CMAs baseiam-se naqueles propostos em ASTM E1739-95e1 (2000) - Standard Guide for Risk-Based Corrective Action (RBCA) Applied at Petroleum Release Sites, desenvolvida pela American Society for Testing and Materials, utilizados no desenvolvimento das Tabelas de Referência para o Estado de São Paulo.

O cálculo das CMAs é realizado considerando o caminho de exposição entre a fonte de contaminação e os pontos de exposição (locais de contato entre o receptor e o contaminante), a partir do somatório das CMAs dos contaminantes, para cada via de ingresso (inalação, ingestão e contato dérmico) observada em um receptor. Estes valores são calculados por meio de equações que utilizam parâmetros do meio físico, considerando suas particularidades. Desta forma, o valor das CMAs pode variar de acordo com as características geológicas de cada região.

A partir do cálculo das CMAs é possível calcular Valores de Investigação para os solos, que são utilizados no gerenciamento de áreas contaminadas. Quando as concentrações de uma determinada substância química em uma área ultrapassam este valor, ações para resguardar os receptores de risco são exigidas pelo órgão ambiental.

## 2 – PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO

Os parâmetros do meio físico, reunidos a partir do acervo de documentos da FEAM (Tabela 01), necessários para o cálculo dos VIs, passaram por um processo de seleção, no qual foram descartados valores adquiridos de fontes bibliográficas ou que geraram dúvidas por estarem fora da faixa de valores naturais (valores exageradamente altos, ou exageradamente baixos).

As informações que foram sendo acumuladas foram organizadas em 6 (seis) compartimentos geológicos onde cada unidade geológica do Estado de Minas Gerais foi vinculada, sendo eles: **A)** Coberturas e Depósitos Cenozóicos (poroso); **B)** Sedimentar e

Metassedimentos (poroso); **C**) Metavulcânicas (fissural/vesicular); **D**) Carbonatos/Pelitos (cárstico/poroso); **E**) Metamórfico (poroso/fissural) e **F**) Complexos Cristalinos (fissural).

Optou-se na conservação do *outlier* nos cálculos objetivando enfatizar as diferenças físicas dos compartimentos geológicos, enquanto os valores que abrangem todo o Estado de Minas Gerais foram utilizados sem o *outlier*.

Tabela 01. Parâmetros do meio físico do Estado de Minas Gerais.

PARÂMETRO	UNIDADE	MINAS GERAIS	COMPARTIMENTOS		
			A/B <sup>(1)</sup>	C/D/E <sup>(2)</sup>	F <sup>(3)</sup>
<b>PARÂMETROS DO SOLO</b>					
Espessura da Zona Não Saturada	cm	463,00	634,79*	541,21*	434,47
Conteúdo Volumétrico de Ar na Zona Não Saturada <sup>(4)</sup>	cm <sup>3</sup> -ar/cm <sup>3</sup> -solo	0,274	0,240	0,269	0,283
Porosidade Total	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,450	0,394	0,441	0,465
Porosidade efetiva	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,200	0,122	0,222	0,194
Conteúdo Volumétrico de Água na Zona Não Saturada <sup>(4)</sup>	cm <sup>3</sup> -H2O/cm <sup>3</sup> -solo	0,175	0,154	0,172	0,181
Densidade do Solo	g-solo/cm <sup>3</sup> -solo	1,580	1,582	1,580	1,578
<b>PARÂMETROS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>					
Fração de Carbono Orgânico no Solo (Zona Saturada)	g-C/g-solo	0,027	0,021	0,027	0,037
Gradiente Hidráulico	adimensional	0,045	0,041	0,032	0,138*
Profundidade do Nível d'Água	cm	480,00	639,79*	546,21*	439,47
Taxa de infiltração no Solo	cm/ano	44,00	44,00	44,00	44,00
Velocidade de Darcy <sup>(4)</sup>	cm/dia	0,503	0,456	0,363	1,549*
Velocidade de Escoamento	cm/dia	3,503	3,503	3,503	3,503
Conteúdo Volumétrico de Ar na Franja Capilar	cm <sup>3</sup> -ar/cm <sup>3</sup> -solo	0,045	0,039	0,044	0,046
Porosidade Efetiva	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,196	0,122	0,222	0,194
Conteúdo Volumétrico de Água na Franja Capilar	cm <sup>3</sup> -H2O/cm <sup>3</sup> -solo	0,404	0,355	0,397	0,418

Compartimentos: <sup>(1)</sup>Coberturas e Depósitos Cenozóicos; e Sedimentar e Metassedimentos. <sup>(2)</sup>Metavulcânicas; Pelitos/Carbonatos; e Metamórficos. <sup>(3)</sup>Complexos Cristalinos. <sup>(4)</sup>Dados da CETESB inclusos. \*Parâmetros com *outlier*.

### 3 – CONCLUSÃO

Os maiores valores para a espessura da zona não saturada estão nos compartimentos A/B e C/D/E, enquanto que no compartimento F, formado por rochas cristalinas, apresenta um valor um pouco abaixo da média do Estado. Este comportamento também pode ser observado com a profundidade do nível d'água. No

caso do gradiente hidráulico essa relação é inversa, o maior valor é observado no compartimento F, enquanto que os menores valores são atribuídos aos demais compartimentos. Essas variações refletiram principalmente na Velocidade de Darcy.

Com a análise de sensibilidade (figura 01), é possível avaliar a influência dos parâmetros do meio físico nos VI – Valores de Intervenção. O composto utilizado para a análise de sensibilidade foi o Benzeno. Como o Benzeno é, dentre os compostos analisados, o mais solúvel e possui maior mobilidade. Desta forma, a Velocidade de Darcy ( $U_{gw}$ ) é um importante parâmetro, apresentando uma relação diretamente proporcional com o VI. Também é notada a diminuição relativa do fator de lixiviação ( $LF_{sw}$ ) ocasionada pelo aumento da  $U_{gw}$  que, devido à diminuição das concentrações dissolvidas do composto na água subterrânea em relação às concentrações da fase retida.

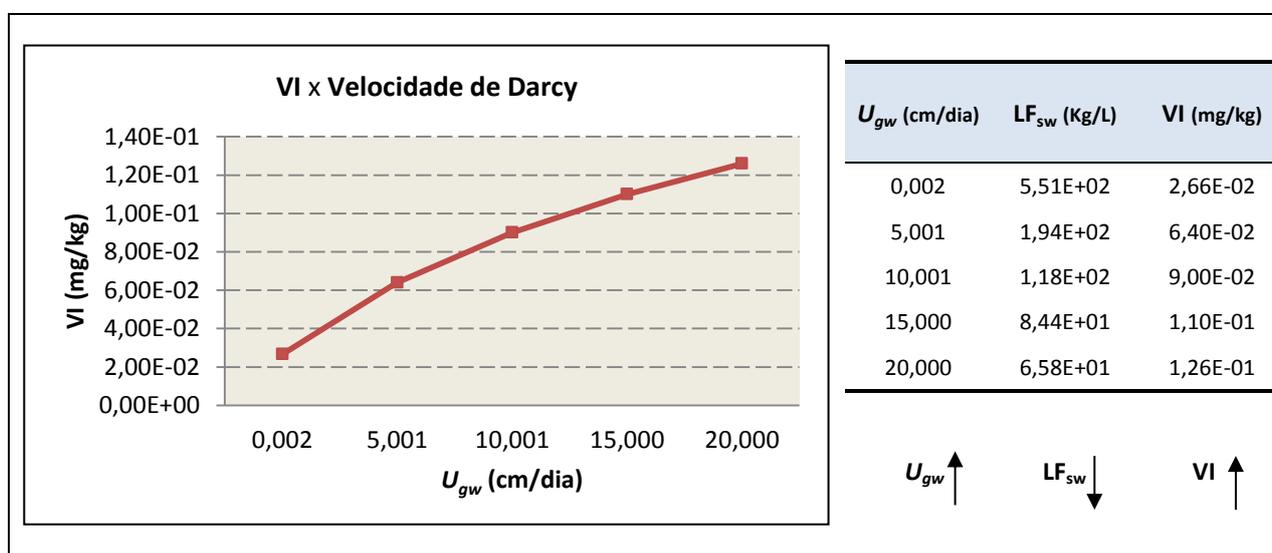


Figura 01. Gráfico de análise de sensibilidade para os Valores de Intervenção (VI) e do fator de lixiviação ( $LF_{sw}$ ) em função da Velocidade de Darcy ( $U_{gw}$ ).

#### 4 – BIBLIOGRAFIA

[CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2006. Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) aplicadas a áreas contaminadas com hidrocarbonetos derivados de petróleo e outros combustíveis líquidos – Procedimentos. Artigo 1º, inciso VII, da Decisão de Diretoria nº 010/2006/C – Anexo VII. São Paulo, SP. 59 p. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/acbr.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/acbr.pdf)>. Acesso em: 18 Jul 2010.]

[ASTM – American Society for Testing and Materials; 2000. ASTM E1739: Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites. Philadelphia. 1995.]