

# AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL POR DISPOSIÇÃO IRREGULAR DE AREIAS DE FUNDIÇÃO - ESTUDO DE CASO<sup>1</sup>

*Ana Cristina de Almeida Garcia<sup>2</sup>  
Carlos Alberto Mendes de Moraes<sup>3</sup>  
Asdrúbal Reschke Berquó<sup>4</sup>*

## Resumo

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial impacto ambiental em uma área com disposição irregular de resíduos sólidos de fundição – basicamente Areia Verde, avaliando a caracterização química e ambiental do solo e água do local. Para avaliar o potencial impacto ambiental na área do estudo foram definidas as áreas de risco, como sendo setor A e setor B. Foi escolhida uma malha de amostragem para coleta de areias (8 pontos) e de solo natural (1 ponto). As sondagens foram realizadas nas profundidades de 1 m e 3 m, permitindo análise da concentração de elementos metálicos em diferentes profundidades. O método utilizado para a análise das areias seguiu as normas ABNT/NBR 10.005 e 10.006. Nas amostras de areia foram definidos seis elementos químicos passíveis de contaminação, como: As, Cd, Pb, Hg, Ni e fenóis, em função do processo de moldagem. Os resultados obtidos com as análises de areia nos extratos lixiviados e solubilizados apresentaram os seguintes valores: setor A, o teor máximo encontrado nos pontos 02, 03 e 04 foi de Pb 26.53 mg/l e nos pontos 01, 02, 03 e 04 os valores Hg de 1.14mg/l, caracterizando valores consideráveis de impacto. Os extratos solubilizados que apresentaram os elementos metálicos acima dos limites foram nos pontos 03, 04 e 07 identificando o teor máximo significativo em Cd - 0,032mg/l e Hg - 0,065mg/l. Concluiu-se a necessidade de elaboração de um projeto de remediação para o local de disposição irregular.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no 60º Congresso Internacional da ABM – Belo Horizonte, julho/2005.

<sup>2</sup> Professora Pesquisadora- Centro Universitário Feevale- Novo Hamburgo-RS  
anagarcia@feevale.br

<sup>3</sup> Professor Pesquisador – Engenharia Mecânica UNISINOS, São Leopoldo, RS,  
cmoraes@euler.unisinos.br

<sup>4</sup> Geólogo - Responsável Técnico: Mercado da Água Ltda.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de fundição, é um dos mais impactantes ambientalmente do setor industrial. Apesar de ser um ramo que essencialmente recicla sucata de ferro fundido, aço e ligas não-ferrosas, o seu processo tanto na moldagem e macharia em areia de moldes e machos, respectivamente, e no processo de fusão de suas ligas gera muitos resíduos. A geração de areia usada representa, em torno de 90% dos resíduos sólidos de uma fundição de moldagem em areia, atualmente os estudos estão centrados na minimização de sua geração e reciclagem destes resíduos. Porém, estes estudos têm sido recentes, e por outro lado, o setor de fundição gerou muito resíduo durante os últimos 50 anos dispondo, irregularmente em locais como banhados, e servindo de aterramento de locais para construção de fábricas e inclusive zonas residenciais, entre outros.

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial impacto na área onde foram dispostos os resíduos de areia de moldagem, e apresentar as medidas mitigadoras onde a constada contaminação.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para uma melhor avaliação e compreensão dos dados coletados, separamos a área em dois setores, de acordo com o volume depositado, tempo de deposição e das características físicas do solo receptor, conforme verificado na tabela abaixo.

**Tabela 1.** Definição das Áreas de Avaliação.

	Área (m <sup>2</sup> )	Tempo (anos)	Finalidade	solo receptor
SETOR 1 – fábrica		40	aterro	Hidromórfico
SETOR 2 – chácara		1	depósito	Litosolo

Com relação a malha de amostragem, foram escolhidos 8 pontos de coleta de areias, um ponto de coleta de solo natural e 4 pontos de coleta de água, conforme tabela abaixo, sendo que o critério utilizado para definir a malha de amostragem das areias foi **aleatório**, pois não havia registro da forma de deposição, metodologia ou registros das cargas de areias colocadas no terreno.

**Tabela 2.** Malha de Amostragem e Pontos de Coleta.

Pontos de Amostragem					
	Areia	Lago	Piezômetro	poço	Solo
SETOR – 1	6	-	2	1	1
SETOR – 2	2	1	-	-	-

## **2.1. Metodologia das Sondagens, Coletas e Amostras**

### **2.1.1 Avaliação da areias de fundição**

As areias de fundição presentes na área aterrada foram analisadas nas profundidades de 1 e 3 metros, verificando a concentração dos elementos em diferentes níveis, objetivando definir o potencial poluidor e avaliar a tendência de concentração em diferentes profundidades. As areias de fundição, depositadas no setor 2, serão analisadas para verificar sua concentração de elementos metálicos, objetivando definir o potencial poluidor no local onde foram depositadas.

A sondagem inicia com a perfuração da camada de areia com um trado comum do tipo helicoidal até a profundidade desejada, de acordo com os critérios estabelecidos. No momento em que se chega a profundidade desejada, retira-se o trado e conecta-se o amostrador de barrilete com diâmetro de 2", e que possui um orifício de  $\frac{3}{4}$ " que é preenchido pela areia, evitando que a amostra retirada entre em contato com o material já desagregado.

Após cada coleta, duas por sondagem, armazena-se a areia em sacos plásticos apropriados e devidamente etiquetados, sendo estas amostras são colocadas em local fresco até ser enviado ao laboratório no mesmo dia em que foram coletadas.

### **2.1.2 Sondagem e coleta de solo natural**

Será efetuada somente uma análise de solo natural, coletado em local onde não houve depósito de areia, objetivando criar um parâmetro local, para se fazer uma comparação com as análises das areias de fundição. Não serão executadas análises do solo situado abaixo do aterro, pois o lençol freático está posicionado acima do solo natural, e no caso de contaminação, os elementos estarão presentes na água.

Antes de se iniciar o procedimento de coleta do solo, o material grosseiro da superfície foi removido, e em seguida foi aberta uma vala com enxada até a profundidade desejada. No momento em que se atingiu a profundidade desejada, o solo foi retirado da base da vala com o auxílio de uma espátula, tomando-se o cuidado remover a porção que ficou aderida na enxada, evitando-se a contaminação da amostra com metais originários da ferramenta.

Após a coleta o solo foi armazenado em saco plástico apropriado e devidamente etiquetado, sendo esta amostra colocada em local fresco e enviado ao laboratório no mesmo dia da coleta.

### **2.1.3 Coleta de água nos piezômetros PZ1 e PZ2**

As amostras de água do lençol freático, foram coletadas de dois poços de monitoramento, sendo um instalado na área do aterro e outro num ponto externo a indústria, configurado como ponto branco.

O procedimento de coleta de água nos piezômetros iniciou com seu esgotamento, sendo utilizada uma motobomba de aço inoxidável, objetivando

substituir a água deposita por uma nova, evitando-se alguma contaminação externas. Logo após o esgotamento o nível freático voltar ao nível inicial, foi iniciada o procedimento de coleta.

A água coletada pela motobomba foi armazenada em um frasco plástico esterilizado, lavado com água deionizada e contendo ácido nítrico como conservante dos elementos a serem analisados, sendo posteriormente etiquetado e levado no mesmo instante para o laboratório, a fim de se preservar a amostra para análise.

#### **2.1.4 Coleta de água no poço artesiano**

A indústria possuía um poço artesiano em operação e instalado dentro do setor 1, a água do poço artesiano foi coletada diretamente da saída do poço, sendo armazenada em um frasco plástico esterilizado, lavado com água deionizada e contendo ácido nítrico como conservante dos elementos a serem analisados, sendo posteriormente etiquetado e levado no mesmo instante para o laboratório, a fim de se preservar a amostra para análise.

#### **2.1.5 Coleta da água do Lago- Setor 2**

A água do lago foi coletada por um amostrador de aço inox e armazenada em um frasco plástico esterilizado, lavado com água deionizada e contendo ácido nítrico como conservante dos elementos a serem analisados, sendo posteriormente etiquetado e levado no mesmo instante para o laboratório, a fim de se preservar a amostra para análise.

#### **2.1.6 Arroio próximo a empresa**

Não serão feitas análises da sua água, pois não podemos identificar ou comprometer a empresa pela contaminação do arroio, pois o número de empresas, residências e população ribeirinha que despeja seus dejetos, resíduos e esgoto no local é flagrante e elevado, não sendo, portanto, parâmetro para os teores avaliados na área.

### **3 CRITÉRIOS, PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO, E ELEMENTOS ANALISADOS**

Como critério de avaliação de risco das areias de fundição adotou-se como parâmetro a *Norma NBR 10.004 (set/87)*, que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, devido ao fato de que não existe, na legislação brasileira, normas ou padrões de descarte para areias de fundição.

O método utilizado para análise da areias é o da *Lixiviação de Resíduo Sólidos*, conforme norma ABNT *NBR 10.005*, e para os parâmetros de avaliação das águas do lençol freático e do lago adotou-se a Portaria Ministerial nº 1469/2.000 do Ministério da Saúde.

Como critério de avaliação de risco das areias de fundição adotou-se como parâmetro a *Norma NBR 10.004 (set/87)*, que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública, devido

ao fato de que não existe, na legislação brasileira, normas ou padrões de descarte para areias de fundição.

O método utilizado para análise das areias é o da *Lixiviação de Resíduo Sólidos*, conforme norma ABNT *NBR 10.005*, e para os parâmetros de avaliação das águas do lençol freático e do lago adotou-se a Portaria Ministerial nº 1469/2.000 do Ministério da Saúde. Em função do processo industrial e dos produtos utilizados na fundição, foram definidos seis elementos químicos principais presentes nas areias, passíveis de contaminação ao meio ambiente, que são os seguintes: As, Cd, Pb, Hg, Ni, fenóis e a umidade.

## 4 RESULTADOS

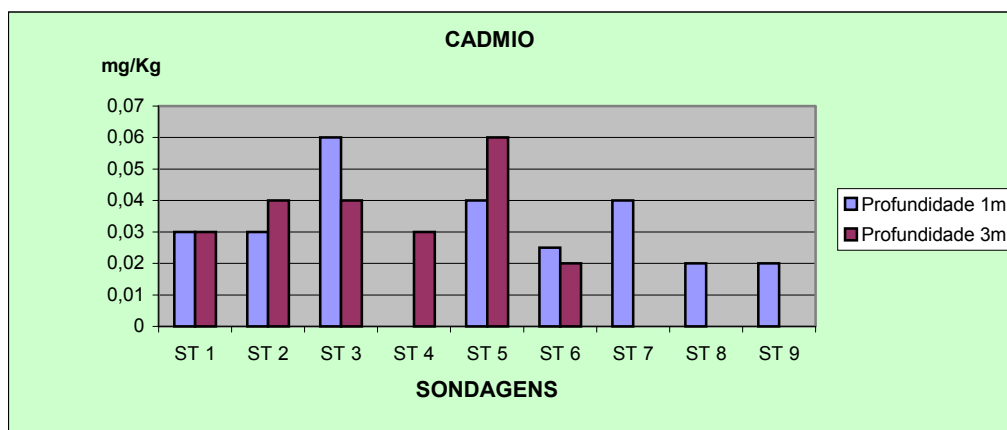
### 4.1 Resultados Obtidos nas Análises das Areias

A seguir será feito um comentário sobre cada elemento amostrado com seus respectivos gráfico de resultados.

#### Cádmio (Cd)

O cádmio ocorre na crosta terrestre numa concentração natural no solo entre 0.1 e 0.4 mg/Kg, com sua concentração média de 0.2 mg/Kg, sendo este metal introduzido no ambiente terrestre pela ação da mineração, produção de metais não ferrosos, aterros sanitários e aplicações de fertilizantes fosfatados e lodo de efluentes domiciliares.

Na área estudada os teores variaram entre n.d a 0.06 mg/l, ficando todos os pontos analisados abaixo do limite máximo de concentração no extrato de lixiviação, conforme Figura 1.



\* **Limite máximo do Lixiviado – 0.5 mg/l (NBR 10.004)**

\* **Teor máximo encontrado – 0.06 mg/l**

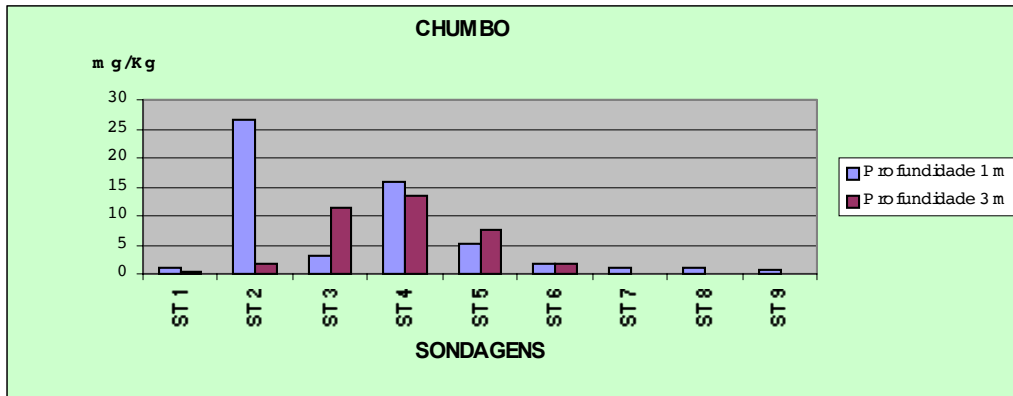
Figura 1. Resultado do extrato lixiviado para Cd nas profundidades de 1 e 3m.

#### Chumbo (Pb)

O chumbo ocorre na crosta terrestre numa concentração natural no solo entre 10 e 70 mg/Kg, e a média em solos próximos a estradas é de 138 mg/Kg, sendo que este metal é emitido para a atmosfera em grande quantidade em áreas

urbanas por incineração de resíduos, descarga de efluentes e de resíduos metalúrgicos/sucatas.

Na área estudada os teores variaram entre 0.40 a 26.53 mg/l, estando os pontos de sondagens ST 02, 03, 04 e 05 com seus teores acima do limite máximo para concentração no extrato de lixiviação conforme Figura 2.



\* Limite máximo do Lixiviado – 5 mg/l (NBR 10.004)

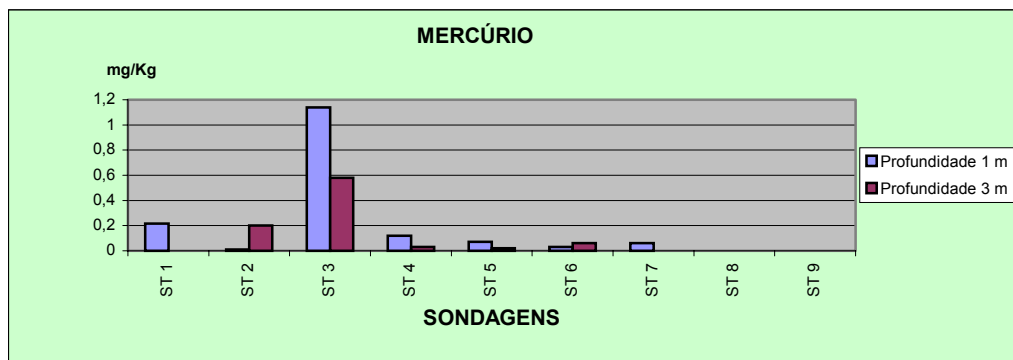
\* Teor máximo encontrado – 26.53 mg/l

Figura 2. Resultado do extrato lixiviado para Pb nas profundidades de 1 e 3m.

### Mercúrio (Hg)

O mercúrio ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 0.08 mg/Kg, estando presente em três estágios:  $Hg^0$  (metálico),  $Hg^{++}$  (mercúrio) e  $Hg^{+++}$  (mercúrico), tendo ampla aplicação em biocidas e na indústria farmacêutica. Nos sedimentos varia entre 0.1 e 0.5 mg/Kg de peso seco, aumentando para 5 mg/Kg em áreas contaminadas, e na água, sua concentração é normalmente baixa, entre 10 e 100 mg/L.

Na área estudada os teores variaram entre n.d a 1.14 mg/l estando os pontos de sondagens ST 01, 02, 03 e 04 com seus teores acima do limite máximo para concentração no extrato de lixiviação conforme figura 3.



\* Limite máximo do Lixiviado – 0.1 mg/l (NBR 10.004)

\* Teor máximo encontrado – 1.14 mg/l

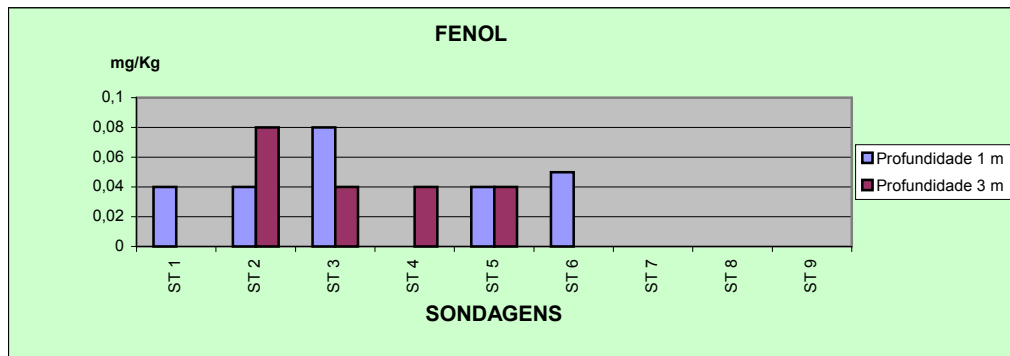
Figura 3. Resultado do extrato lixiviado para Hg nas profundidades de 1 e 3m.

## Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são compostos orgânicos formados a partir do fenol (1-hidroxibenzeno) pela substituição no anel de um ou mais átomos por cloro, podendo formar dezenove congêneros, variando de mono até pentaclorofenol.

A contaminação ambiental pelos fenóis pode ocorrer por derrames, lixiviação a partir de madeiras tratadas, incineração inadequada de resíduos de madeira, lixo municipal, degradação de pesticidas e em processos industriais. Nos solos altamente contaminados (45,6 mg/Kg) foram observados nas vizinhanças de áreas de tratamento de madeiras. Em águas superficiais a concentração de PCP varia de 0.1 a 1.0 µg/l, podendo ser encontradas elevadas concentrações (3 a 23 µg/l,) próximo a descargas industriais e áreas de tratamento de madeiras.

Na área estudada os teores variaram entre n.d a 0.08 mg/l, ficando todos os pontos analisados abaixo do limite máximo de concentração no extrato de lixiviação conforme Figura 4.



\* **Limite máximo do Lixiviado – 1.0 mg/l (NBR 10.004)**

\* **Teor máximo encontrado – 0.08 mg/l**

Figura 4. Resultado do extrato lixiviado para compostos fenólicos nas profundidades de 1 e 3m.

## NÍQUEL (Ni)

O níquel ocorre na crosta terrestre numa concentração média nos solos é de 75 mg/Kg, sendo as maiores concentrações nos solos e águas localizadas em zonas largamente industrializadas e em grandes cidades. O níquel se adere a argilas e outras partículas finas, podendo se aderir reversivelmente a compostos de alumínio e manganês.

Na área estudada os teores variaram entre n.d a 10.04 mg/l (solo natural) estando todos os outros pontos de sondagens com seus teores abaixo da concentração encontrada no solo natural.

## ARSÊNIO (As)

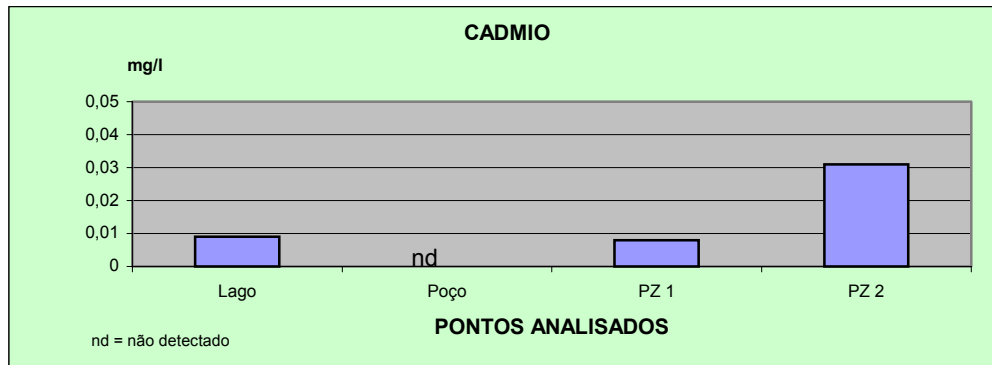
O Arsênio ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg/Kg, principalmente como complexos de sulfitos e óxidos, sendo seu uso principalmente em inseticidas, detergentes e nas indústrias farmacêutica e têxtil. O arsênio está presente em corpos d'água e predominantemente encontrado no sedimento. Na área estudada não foi detectado o metal em nenhuma sondagem.

## 4.2. Resultados Obtidos nas Análises das Águas

A seguir será apresentado o gráfico de cada elemento analisado com seus respectivos gráficos de resultados:

### Cádmio (Cd)

Na área estudada os teores variaram entre n.d. e 0.031 mg/l, ficando os pontos de coleta do Lago, PZ 1 e PZ 2 fora dos padrões de potabilidade, conforme Portaria 518/2002 - Ministério da Saúde que revoga 1469 /2000 (Figura 5).



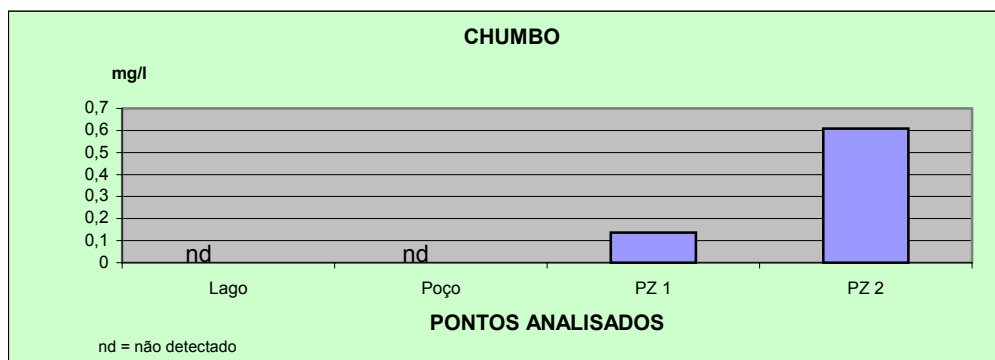
\* Limite máximo - 0.005 mg/l (Portaria 1469/MS)

\* Teor máximo encontrado – 0.031 mg/l

Figura 5. Resultado do extrato lixiviado para Cd nas profundidades de 1 e 3m.

### Chumbo (Pb)

Na área estudada os teores variaram entre n.d. e 0.609 mg/l, ficando os pontos de coleta do PZ 1 e PZ 2 fora dos padrões de potabilidade, conforme Portaria Ministerial 1469 do MS (Figura 6).



\* Limite máximo - 0.01 mg/l (Portaria 1469/MS)

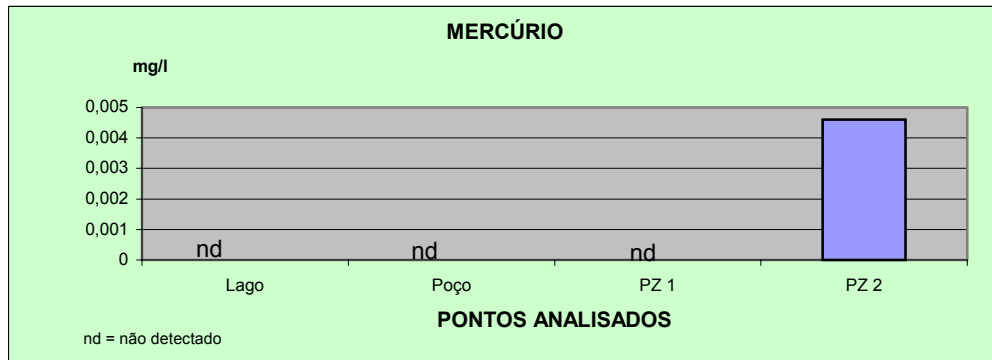
\* Teor máximo encontrado – 0.609 mg/l

Figura 6. Resultado do extrato lixiviado para Pb nas profundidades de 1 e 3m.

### Mercúrio (Hg)

Na área estudada os teores variaram entre n.d. e 0.046 mg/l, ficando o ponto de coleta PZ 2 fora dos padrões de potabilidade, conforme Portaria Ministerial 1469 do MS (Figura 7).





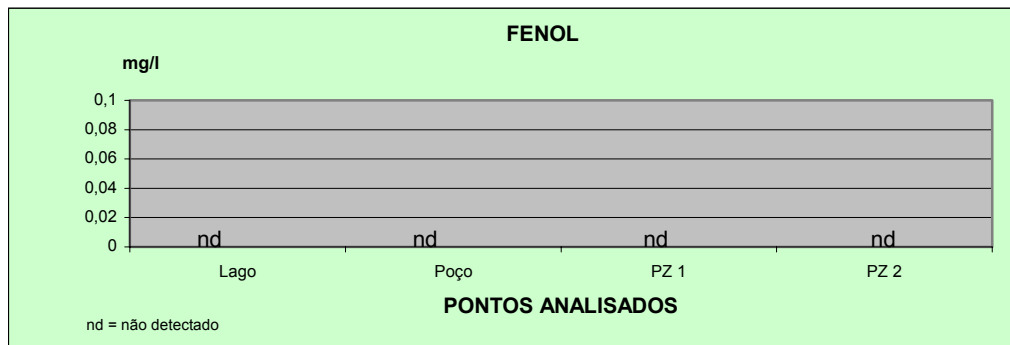
\* **Limite máximo - 0.001 mg/l (Portaria 1469/MS)**

\* **Teor máximo encontrado – 0.0046**

**Figura 7.** Resultado do extrato lixiviado para Hg na área estudada.

### Fenol

Na área estudada todos os teores foram n.d. estando todos os pontos de coleta dentro dos padrões de potabilidade, conforme Portaria Ministerial 36 do MS (Figura 8).



\* **Limite máximo - 0.0001 mg/l (Portaria 36/MS)**

\* **Teor máximo encontrado – n.d.**

**Figura 8.** Resultado do extrato lixiviado para fenol na área estudada.

### Níquel (Ni)

Na área estudada os teores variaram entre n.d. e 0.05 mg/l, ficando todos os pontos de coleta dentro dos padrões de potabilidade, conforme Portaria Ministerial 1469 do MS.

### Arsênio (As)

Na área estudada todos os teores foram n.d. estando todos os pontos de coleta dentro dos padrões de potabilidade, conforme Portaria Ministerial 1469 do MS.

De acordo com os resultados das análises químicas dos extratos lixiviados e solubilizados das areias coletadas nos setores 1 e 2 pode-se indicar que:

- No setor A – área aterrada está localizada a empresa – considerando os pontos 2, 3, 4 e 5, a análise do metal pesado Pb atingiu valores acima dos limites estabelecidos pela Norma NBR 10004 – Classificação de Resíduos

Sólidos, para extrato lixiviado. Além disso, o metal pesado Hg excedeu o limite da norma nos pontos 2, 3 e 4. Portanto, de acordo com a NBR 10004, a área aterrada com areia usada de fundição, é caracterizada como tóxica TL (Teste de lixiviação) – Classe I – com código de identificação D0008 (Pb) e D011 (Hg), nas condições de amostragem avaliadas no presente trabalho.

- No setor B – depósito irregular na chácara ao lado da empresa – nenhum dos elementos e composto fenol atingiram os limites estabelecidos pela norma NBR 10004. Portanto, o resíduo não é considerado tóxico nas condições de amostragem avaliadas no presente trabalho. Porém, pelos resultados de análise química do extrato solubilizado, os elementos Cd e Hg atingiram valores acima dos limites estabelecidos pela Norma NBR 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos, para extrato solubilizado (realizado de acordo com a norma NBR 10006). Portanto, a areia usada de fundição do depósito irregular é caracterizada como Resíduo Classe II – Não-Inerte, nas condições de amostragem avaliadas no presente trabalho.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A empresa deverá avaliar dentro de seu sistema de gestão ambiental, elementos como Pb e Hg, que estão sendo detectados em outros resíduos gerados pela empresa. Por exemplo, a poeira advinda da fusão de sucata de aço pode ser uma fonte comum destes elementos originalmente presentes em tintas. Esta pode ser a origem da presença destes elementos nos pontos amostrados entorno da empresa. Portanto, a segregação dos diferentes resíduos, sua disposição temporária na empresa em condições estabelecidas por norma específica, e a caracterização química dos mesmos podem contribuir para, inclusive, a minimização do impacto causado atualmente pela areia usada.
- Avaliar as possibilidades e maximização da reciclagem do excedente de areia usada de fundição, pois a empresa utiliza técnicas de recuperação da areia usada para recirculação interna. Estabelecer parcerias para uso de seus excedentes para outros fins, como adição em concreto, asfalto e material cerâmico. Buscando, alternativas à disposição final em aterros industriais.
- A principal consideração final é que a empresa deverá desenvolver um projeto de remediação do local contaminado para não trazer mais prejuízos a região circunvizinha em função dos resultados obtidos neste estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**. Define e Classificação de Resíduos Sólidos conforme sua Periculosidade. ABNT: Rio de Janeiro, 1987.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10.006**. Fixa Condições Exigíveis para Diferenciar Resíduos das Classes II e III. Normatiza Procedimentos para Ensaio de Solubilização. ABNT: Rio de Janeiro, 1987a.

# EVALUATION OF THE ENVIRONMENT IMPACT OF IRREGULAR DISPOSITION OF FOUNDRY USED SAND – CASE STUDY<sup>1</sup>

Ana Cristina de Almeida Garcia<sup>2</sup>  
Carlos Alberto Mendes de Moraes<sup>3</sup>  
Asdrúbal Reschke Berquó<sup>4</sup>

## Abstract

The present work has the aim of evaluating the environmental impact potential in a área with irregular disposition of foundry solid wastes – basically green sand – evaluating the chemical and environment characterization of the local soil and water. To evaluate the environmental impact potential, risk areas were determined as sector A and B. 8 points were to chosen for sand sampling and 1 point for natural soil. The samples were taken from 1 and 3 m of depth. The sand analysis obeyed the ABNT/NBR 10.005 e 10.006 rules. 5 metals were analyzed: As, Cd, Pb, Hg, Ni, and phenol because the molding process. The results The leachate and solution extract of the sand samples presented the following results: sector A, the maximum amount found in points 02, 03 and 04 was for Pb was 26.53 mg/l and in the points 01,02,03 and 04 for Hg was 1.14mg/l, indicating values with environmental impact. The solution extracts, which presented metallic elements above the NBR limits were located in points 03, 04 e 07. It was concluded the need of implementing a irregular disposition place.

**Key-words:** Environmental impact; Used sand; Solid wastes.

*1 Trabalho apresentado no 60º Congresso Internacional da ABM – Belo Horizonte, julho/2005.*

*2 Professora Pesquisadora- Centro Universitário Feevale- Novo Hamburgo-RS  
anagarcia@feevale.br*

*3 Professor Pesquisador – Engenharia Mecânica UNISINOS, São Leopoldo, RS,  
cmoraes@euler.unisinos.br*

*4 Geólogo - Responsável Técnico: Mercado da Água Ltda.*