



## VI-034 - AVALIAÇÃO DO MATERIAL DRAGADO DA LAGOA DA PAMPULHA

**Ana Cláudia Pinto Dabés Guimarães** <sup>(1)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Fumec, Belo Horizonte/MG – Brasil

**Aldérico Marchi** <sup>(2)</sup>

Diretor – Enfil S/A Controle Ambiental, São Paulo/SP – Brasil

**Flávio Henrique Silva Franco** <sup>(3)</sup>

Gerente da Divisão de Gestão Ambiental – DVGEA/SD – Superintendência de Desenvolvimento da Capital – SUDECAP, Belo Horizonte/MG, Brasil

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Soledade 155 – Bairro Santa Efigênia - Belo Horizonte - MG - CEP: 30326-190 - Brasil - Tel: (31) 99547-9384 - e-mail: anadabes@gmail.com

### RESUMO

A Lagoa da Pampulha é um reservatório artificial que foi construído na década de 40, tendo como principais objetivos o amortecimento de cheias e contribuição para o abastecimento de água da cidade de Belo Horizonte/MG. Com o crescimento urbano de Belo Horizonte e da Região Metropolitana, diversos impactos à bacia refletiram diretamente no reservatório. Dentre os impactos ambientais advindos da ocupação urbana e industrialização da bacia, destaca-se o despejo de esgoto irregular e o aporte de sedimentos pelos córregos afluentes à Lagoa. As consequências destes processos são notadas diretamente no reservatório, com a degradação da qualidade da água e diversos pontos de assoreamento aflorante, o que levou ao desenvolvimento de um projeto de dragagem e desassoreamento para a Lagoa da Pampulha. Este estudo tem como objetivo descrever sobre a classificação dos sedimentos dragados da Lagoa da Pampulha, norteada pelas Resoluções CONAMA nº 454/12 e nº 420/09. Com base nestas legislações, procedeu-se com a coleta de 22 amostras dentro das áreas previstas pelo projeto de dragagem. As análises físicas classificaram os sedimentos como silte-arenosos com pouca argila. Na etapa seguinte, realizou-se as análises químicas avaliando os Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), Compostos Orgânicos Semi-voláteis (SVOC) e Metais. Os valores obtidos pela caracterização química foram comparados com os valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/09, tendo em vista que, os sedimentos seriam dispostos em solo. Os resultados obtidos indicaram que todos os compostos analisados encontravam-se abaixo do valor de investigação residencial (VIR), com exceção da Prata e do Zinco, que apesar de estarem abaixo do valor de investigação industrial (VII), ultrapassaram o VIR. Para tais substâncias, realizou-se de forma preventiva a Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH), que apontou que as concentrações destas substâncias excediam a Concentração Máxima Admissível (CMA) para o cenário de receptor residencial rural e ingestão de água subterrânea por uma criança típica. Entretanto, os sedimentos só seriam dispostos em área de uso industrial, o que descaracteriza totalmente o cenário relatado acima. A dragagem foi uma das atividades de recuperação da Lagoa da Pampulha, realizada no período de setembro/2013 a novembro/2014 e cumpriu com seu objetivo de retirada de aproximadamente 800.000 m<sup>3</sup> de sedimentos da Lagoa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sedimento, Material dragado, Lagoa da Pampulha, CONAMA nº454/12, CONAMA nº420/09.

### INTRODUÇÃO

A Lagoa da Pampulha é um reservatório artificial que foi criado em 1938, em Belo Horizonte/MG, com objetivo inicial de amortecer enchentes e contribuir para o abastecimento de água na cidade de Belo Horizonte. A Lagoa da Pampulha apresenta ao seu redor uma riqueza de complexos arquitetônicos, como a Igreja de São Francisco, o Museu de Arte Moderna e a Casa do Baile, projetados por Oscar Niemeyer e construídos pelo prefeito da época, Juscelino Kubitschek, na década de 40, sendo hoje considerada parte integrante do Complexo de atrações turísticas localizadas na região da Pampulha, em Belo Horizonte/MG. Oito cursos d'água abastecem a Lagoa, sendo estes: Córregos Mergulhão, Tijuco, Ressaca, Sarandi, Água Funda, Braúna, Olhos D'água e da AABB - Associação Atlética do Banco do Brasil. A bacia de drenagem que alimenta o reservatório da Lagoa da Pampulha possui área de aproximadamente 97,91 km<sup>2</sup>, sendo 44,9% referente ao



município de Belo Horizonte e 55,1% ao município de Contagem, pertencente à Região Metropolitana de Belo Horizonte (RESCK *et al*, 2007).

O crescimento urbano desordenado, à montante da bacia, contribuiu para a poluição das águas e aporte de sedimentos diretamente para a Lagoa da Pampulha, transportados pelos seus afluentes. Esta situação trouxe inúmeros impactos ambientais ao ecossistema e a população que habita no entorno do reservatório (SABINO *et al*, 2004).

O excesso de sedimentos que chegaram a Lagoa deu origem a bolsões de assoreamento, reduzindo o espelho d'água e consequentemente, o seu volume útil. Tendo em vista a recuperação ambiental do local, o poder público instituiu através da Lei nº 9.037, de 14 de janeiro de 2005, o PROPAM – Programa de Desenvolvimento e Recuperação da Bacia da Pampulha, que dentre os seus subprogramas, está o de Recuperação da Lagoa, que contempla a dragagem das áreas assoreadas.

A dragagem é uma atividade de remoção dos solos e sedimentos de corpos d'água para fins de manutenção de vias aquáticas, de infraestrutura de transporte entre outros (GOES FILHO, 2004). O projeto de dragagem da Lagoa da Pampulha foi realizado pela Prefeitura de Belo Horizonte entre setembro de 2013 e novembro de 2014. Seu objetivo foi a retirada de aproximadamente 800.000 m<sup>3</sup> de sedimento que foram gerenciados conforme a Resolução CONAMA nº 454/12, que estabelece as diretrizes para gerenciamento do material dragado em água sob jurisdição nacional e a Resolução CONAMA nº 420/09, que dispõe critérios e valores orientadores de qualidade do solo para disposição em território nacional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A Resolução CONAMA nº 454/12 estabelece que, para caracterização do material dragado, devem ser realizadas amostras representativas do volume a ser dragado, considerando a área e o perfil vertical da camada de sedimentos a ser removida. O item 1 do Anexo desta Resolução consiste no número de amostras pontuais a serem coletadas, considerando o volume a ser dragado. No caso da Lagoa da Pampulha, para o volume dragado de aproximadamente 800.000 m<sup>3</sup> devem ser coletadas entre 16 a 30 amostras pontuais, verificando sempre a distribuição espacial representativa das amostras distribuídas nas áreas contempladas pela dragagem: Enseada do Clube AABB, Enseada das Garças, Enseada do Mineirão, Enseada da Praça dos Esportes, em torno da Ilha dos Amores e canal do Córrego Ressaca/Sarandi.

De acordo com o item 2 do Anexo da Resolução CONAMA nº 454/12, após a coleta das amostras dos sedimentos, deve-se proceder com as etapas de caracterização: física, química e ecotoxicológica. Como o material dragado da Lagoa seria disposto em solo, à caracterização ecotoxicológica não se aplicava ao caso. A caracterização física foi realizada com objetivo de classificação e distribuição granulométrica dos sedimentos. Na etapa de caracterização química, como o material dragado seria disposto em solo, a Resolução CONAMA nº 454/12 orienta a comparação dos resultados obtidos com os valores nacionais estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/09 ou norma estadual vigente. Uma vez realizada a classificação e caracterização dos sedimentos a serem dragados da Lagoa da Pampulha, estes poderiam ser dispostos em áreas, de forma que as substâncias não ultrapassassem os valores máximos admissíveis para o uso do solo em questão.

Para classificação do material dragado da Lagoa da Pampulha, foram coletadas 22 amostras dos sedimentos no corpo d'água. Tais amostras, identificadas como F-01 a F-17, F-19 a F-21, F-23 e F-24, foram coletadas atendendo ao preconizado pela Resolução CONAMA nº 454/12, no que tange ao número de amostras conforme volume a ser dragado. As amostras foram coletadas por empresa especializada e encaminhadas para laboratório certificado para determinação das concentrações de Composto Orgânicos Voláteis (VOC), Compostos Orgânicos Semi-voláteis (SVOC) e Metais.

Ainda como forma de gestão dos sedimentos a serem dragados e prevenção, embora os resultados não tenham ultrapassados os valores orientadores do anexo II da CONAMA nº 420/09 para solos de uso industrial, foi realizada Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH), conforme procedimento descrito no RAGS - *Risk Assessment Guidance for Superfund – Vol. I – Human Health Evaluation Manual (Part A) – (USEPA, 1989)*. Para isso, foram utilizadas as planilhas de quantificação de exposição e do risco. As equações de Domenico (1987) foram utilizadas para o cálculo de transporte de contaminantes em meio saturado, e, para o não

saturado, utilizou-se o modelo de Jury e Johnson (1991). O modelo de Johnson e Etinger (1992) foi utilizado para intrusão de vapores. Estes cálculos, juntamente com o banco de dados das propriedades físico-químicas e toxicológicas, forneceram informações quanto aos riscos tanto para substâncias carcinogênicas ou não, riscos individual e acumulativo considerando os cenários de exposição selecionados para a situação (MARCHI, 2014a).

A ARSH tem, portanto, como principal objetivo quantificar os riscos associados à presença de anomalias dos sedimentos, em relação aos cenários de exposição, às vias de ingresso e os receptores considerados. Como resultados, são calculadas as CMA - Concentrações Máximas Admissíveis para cada SQI - Substância Química de Interesse considerada.

Após caracterização do material a ser dragado e autorização dos órgãos ambientais competentes, iniciou-se a execução do projeto, o qual era composto por dragas que succionavam o material do fundo do leito da Lagoa, nas áreas já citadas, e este eram transportados através de tubulação para posterior destinação (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2015).

## RESULTADOS

Antes de iniciar a dragagem, os sedimentos foram classificados como silte-arenosos com pouca argila, conforme caracterização física realizada pela Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Belo Horizonte/MG (MARCHI, 2014a).

A caracterização química dos sedimentos foi realizada nas 22 amostras coletadas. Os resultados foram comparados com os valores de referência relacionados na Resolução CONAMA nº 454/12 e nº 420/09 e, na ausência destes, com os valores de referência preconizados pela *US EPA - US Environmental Protection Agency - Region 9*.

Os resultados da caracterização química são detalhados a seguir:

- **Grupo 1:** Concentrações  $\leq$  Valores de Prevenção (VP), conforme inciso I do artigo 18 da Resolução CONAMA nº 454/12. Amostras: F-7, F-8, F-9, F-10, F-11, F-14, F-15

- **Grupo 2:** VP < concentrações < Valores de Investigação Residencial (VIR), conforme Parágrafo único - Inciso II - letra "a" do artigo 18 da Resolução CONAMA nº 454/12

Amostras: F-1, F-2, F-3, F-4, F-5, F-6, F-12, F-16, F-19, F-20, F-21, F-23, F-24

- **Grupo 3:** VIR < Concentrações < Valores de Investigação Industrial (VII), conforme o Parágrafo único Inciso II - letra "b" do artigo 18 da Resolução CONAMA nº 454/12.

Amostras: F-13 (Zinco) e F-17 (Prata) com concentrações acima do Valor de Investigação Residencial (VIR) e abaixo do Valor de Investigação Industrial (VII)

- **Grupo 4:** Concentrações do material dragado > Valores de Investigação Industrial (VII).

Não foram encontradas anomalias com estas características nos sedimentos da Lagoa da Pampulha.

Segundo Marchi (2014a,b), as análises de VOC, SVOC e Metais nas amostras de sedimento indicaram que todas as substâncias analisadas apresentaram concentrações abaixo dos valores de investigação residencial (VIR), conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 420/09, com exceção de duas substâncias, Prata e Zinco, que apresentaram concentrações superiores aos valores de investigação rural e residencial, porém, inferiores aos valores de investigação industrial (VII) quando comparados a lista de valores orientadores da Resolução CONAMA nº 420/09. Estas substâncias são detalhadas a seguir:

- **Prata:** a amostra F-17 apresentou concentração de 71,5 mg/Kg, ou seja, abaixo do valor de investigação industrial. As demais amostras apresentaram concentrações inferiores aos valores de investigação residencial.

- **Zinco:** a amostra F-13 apresentou uma concentração de 1.073 mg/Kg, ou seja, abaixo do valor de investigação industrial. As demais amostras apresentaram concentrações inferiores aos valores de investigação residencial.

Para as substâncias Prata e Zinco, ainda que seus resultados indicassem concentrações abaixo do valor de investigação industrial, conservadoramente foi realizada a ARSH destas duas substâncias químicas de interesse (SQI) na água subterrânea avaliando o cenário de serem solubilizadas ou lixiviadas dos sedimentos dragados, avaliando cenários reais e hipotéticos.

Esta avaliação foi realizada com auxílio das planilhas de quantificação dos riscos à saúde humana e cálculo de metas de intervenção disponibilizadas pela CETESB de acordo com o procedimento descrito no RAGS (*Risk Assessment Guidance for Superfund – Vol. I - Human Health Evaluation Manual (Part A) (US.EPA, 1989)*).

A tabela de avaliação de riscos (Tabela 1) apontou somente um cenário onde a concentração de prata e zinco se mostrou aumentada se comparada a concentração máxima admissível (CMA). Este cenário refere-se à ingestão de água subterrânea a partir de lixiviação do solo com concentrações de prata e zinco, por receptores residenciais rurais, representados por uma criança típica - baseado nos padrões de exposição *default* da planilha de riscos da CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2013; MARCHI, 2014a).

Contudo, ressalta-se que o cenário considerado como receptor residencial rural e ingestão de água subterrânea é hipotético, uma vez que, o local o qual foi autorizada a disposição dos sedimentos (aterros e bota foras) não é permitida a captação de água subterrânea, nem mesmo a existência de moradores no local, descaracterizando-se assim o risco existente. Não menos importante, destaca-se que as concentrações de prata e zinco obtidas na caracterização química do material não excederam o valor de investigação industrial listados pela CONAMA nº 420/09.

**Tabela 1 – Avaliação de riscos**

SUBSTÂNCIA	CONCENTRAÇÃO OBTIDA (mg/Kg)	CENÁRIOS COM CONCENTRAÇÕES SUPERIORES AS CMA	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA ACEITÁVEL (CMA) – (mg/Kg)
PRATA	1.073	Ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo - Receptor: Residencial Rural (Crianças)	737,59
ZINCO	71,5	Ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo - Receptor: Residencial Rural (Crianças)	0,1041

A avaliação de risco foi realizada para cenários reais e hipotéticos. O cenário descrito na tabela 1 foi o único que apresentou a concentração das SQI acima da CMA. Tendo em vista que este cenário é hipotético, uma vez que, o local onde os sedimentos foram dispostos, normalmente possuem restrição de uso da água subterrânea incluso na licença de funcionamento por se tratarem de aterros e bota-foras em área de uso industrial, tornando este risco inexistente.

## DISCUSSÃO

Antes de 2004 não existiam legislações específicas que versavam sobre dragagem e sedimentos. Mediante tal situação, comumente sedimentos eram classificados como resíduos, conforme a NBR 10.004:1987 e, posteriormente 10.004:2004, e, em seguida, dispostos conforme sua caracterização em Classe I – Perigosos, Classe IIA – Não Inertes e Classe IIB – Inertes (LIMA, 2008).

Entretanto, sabe-se que dependendo da origem do material, alguns parâmetros como Ferro e Alumínio poderiam ser facilmente extrapolados caso fossem comparados aos VMP – Valores Máximos Permitidos estipulados pela NBR 10.004:2004, e, não seriam necessariamente referentes a alguma fonte de contaminação. Isto poderia resultar em uma classificação do sedimento como resíduo Classe IIA ou em casos extremos como

Classe I, tornando a sua gestão inviável economicamente diante dos custos para disposição final (MARCHI, 2014a,b).

A primeira resolução que versou sobre os procedimentos mínimos necessários para avaliação do material a ser dragado foi a Resolução CONAMA nº 344/04. A Resolução CONAMA nº 421/10, revisou a anterior, e, em 2012, foi novamente revisada pela Resolução CONAMA nº 454/12.

Portanto, o Brasil passou a adotar as resoluções supracitadas, sendo a mais atual a Resolução CONAMA nº 454/12 que nortearam os estudos de dragagem da Lagoa da Pampulha no que diz respeito à caracterização física e química do sedimento, bem como as alternativas de disposição final.

Desta forma, considerando que o Parágrafo único do artigo 18 da Resolução CONAMA nº 454/12 estabelece que *"se as concentrações das substâncias químicas forem inferiores aos Valores de Investigação Residencial (VIR), o material dragado poderá ser disposto diretamente no solo ou utilizado como aterro hidráulico, desde que não existam restrições ambientais e de uso e ocupação do solo"*, e, *"se as concentrações das substâncias químicas forem superiores aos Valores de Investigação Residencial (VIR), porém inferiores aos Valores de Investigação Industrial (VII), o material dragado poderá ser disposto de forma controlada em local de uso e ocupação do solo industrial, sem contato com a água subterrânea e sem contato direto com pessoas"* e considerando ainda os resultados encontrados nas análises realizadas nas amostras coletadas da Lagoa da Pampulha, os sedimentos foram dispostos de acordo com seu enquadramento.

Como já mencionado anteriormente, a gestão de solos e sedimentos realizados antes do ano 2004 seguiam NBR 10.004:2004. À medida que os estudos foram aprofundando e trazendo maiores conhecimentos na área ambiental, foi possível a elaboração de resoluções específicas para a atividade de dragagem, no caso, a Resolução CONAMA nº 454/12. Desta forma, os estudos sobre a classificação dos sedimentos dragados da Lagoa da Pampulha foram embasados nesta Resolução e, como foram dispostos em solo, os resultados foram comparados ao estabelecido pela Resolução CONAMA nº 420/09, de acordo com o uso e ocupação do solo no qual o material foi disposto, possibilitando realizar um gerenciamento ambientalmente adequado do material. Além disto, a atividade de dragagem da Lagoa da Pampulha cumpriu com o seu objetivo de retirada de sedimentos, conforme preconizado, o que certamente contribuiu para aumento do espelho d'água e, conseqüentemente, melhorias no aspecto visual da Lagoa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2013. Planilhas de Avaliação De Risco. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/planilhas-para-avalia%E7%E3o-de-risco/8-planilhas>>. Acesso em 30 de março de 2015.
2. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 344, de 25 de Março de 2004. Estabelece diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.
3. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 420, de 28 de Dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
4. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 421, de 03 de Fevereiro de 2010. Dispõe sobre revisão e atualização da Resolução CONAMA nº 344, de 5 de março de 2004.
5. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 454, de 1º de Novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.
6. ESTADO DE MINAS "Aspirador gigante" será usado para sugar poluição da Pampulha. Disponível em: <[http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/07/17/interna\\_gerais,424019/aspirador-gigante-sera-usado-para-sugar-poluicao-da-pampulha.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2013/07/17/interna_gerais,424019/aspirador-gigante-sera-usado-para-sugar-poluicao-da-pampulha.shtml)>. Acesso em: 14 jun. 2015.
7. GOES FILHO, H.A. Dragagem e Gestão dos Sedimentos. Rio de Janeiro, 2004. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.





8. LIMA, L.R.S. DRAGAGEM, TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO FINAL DE SEDIMENTOS DE LEITO DE RIO – Estudo de caso: Calha do rio Tietê – Fase II. São Paulo, 2008. Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
9. MARCHI, A. AVALIAÇÃO DO MATERIAL DRAGADO DA LAGOA DA PAMPULHA E ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO - ECA-13161. Enfil S/A Controle Ambiental, 204p. São Paulo, 2014a.
10. MARCHI, A. AVALIAÇÃO DO MATERIAL DRAGADO DA LAGOA DA PAMPULHA E ALTERNATIVAS DE DISPOSIÇÃO - ECA-13161 (Relatório Complementar). Enfil S/A Controle Ambiental, 45p. São Paulo, 2014b.
11. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Obras e Infraestrutura: Desassoreamento da Lagoa da Pampulha. Disponível em: < [http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicasurbanas&lang=pt\\_BR&pg=5562&tax=42177](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicasurbanas&lang=pt_BR&pg=5562&tax=42177) >. Acesso em: 14 jun. 2015.
12. RESCK, R.P.; NETO, J.F.B.; COELHO, R.M.P. Nova batimetria e avaliação de parâmetros morfométricos da Lagoa da Pampulha (Belo Horizonte, Brasil). Revista Geografia, Belo Horizonte, v.5, p.24-37, 2007.
13. SABINO, C.V.S.; KASTNER, G.F.; AMARAL, A.M.; LEITE, S.C.A.L.; CARVALHO, R.P.; SILVA, I.R. Estudo da biodisponibilidade de metais nos sedimentos da Lagoa da Pampulha. Química Nova, Vol. 27, Nº. 2, p. 231-235, 2004.