

III-396 - DETERMINAÇÃO DE ALTERNATIVAS AMBIENTALMENTE CORRETAS PARA A DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DRAGADOS NOS ARROIOS DE PORTO ALEGRE

Ândrea Aline Rosa De Souza ⁽¹⁾

Engenheira Civil, Engenheira de Segurança do Trabalho e Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Gerenciamento de Resíduos pela UNISINOS. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH/UFRGS. Coordenadora da Educação Ambiental no Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Fausto Missel Vasques ⁽²⁾

Engenheiro Civil pela UFRGS. Diretor da Divisão de Conservação no Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Marcelo Daldon ⁽³⁾

Engenheiro Civil pela UFRGS. Engenheiro de Segurança do Trabalho pela FEEVALE. Engenheiro Civil da Divisão de Conservação no Departamento de Esgotos Pluviais da Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Magali Rejane Peruffo ⁽⁴⁾

Engenheira Agrônoma pela UFRGS. Engenheira Agrônoma da Via Verde Jardins Ltda.

Mariza Fernanda Power Reis ⁽⁵⁾

Engenheira Química pela UFRGS. Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH/UFRGS. Engenheira Química da Divisão de Projetos Sociais, Reaproveitamento e Reciclagem do Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre. Responsável técnica pela operação na Unidade de Triagem e Compostagem de Porto Alegre.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Lima e Silva, 972 – Bairro Cidade Baixa – Porto Alegre - RS - CEP: 90050-102 - Brasil - Tel: +55 (51) 3289-2215 - Fax: +55 (51) 3221-0098 - e-mail: andrea.souza@dep.prefpoa.com.br

RESUMO

Apesar das limitações legais para a ocupação de áreas de nascentes de rios, essas regiões vêm sendo ocupadas de forma desordenada. Como efeito da urbanização, ocorre a destruição da mata ciliar e a substituição da cobertura vegetal por solo exposto, trilhas e ruas, favorecendo a produção de sedimentos pelo assoreamento das margens dos corpos d'água (YOUNG, 2010).

O Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), órgão responsável pelas dragagens em Porto Alegre, retirou entre 2006 e 2012, mais de 372.000 m³ de resíduos dos arroios e valas da cidade. Este material, composto por resíduos domiciliares e areias contaminadas por esgotos cloacais, tem sido encaminhado para um aterro sanitário, distante 110 km de Porto Alegre, sem tratamento ou reaproveitamento. Pesquisas realizadas nas areias dragadas no Arroio Dilúvio indicaram a contaminação por patogênicos e metais pesados, em alguns pontos, o que inviabilizou o seu reaproveitamento sem tratamento prévio.

O DEP tem um gasto anual da ordem de R\$ 2.000.000,00 para a aquisição de areia comercial, utilizada como insumo em sua fábrica de artefatos e nas obras de drenagem urbana. O reaproveitamento das areias dragadas poderá representar uma economia ao departamento, tanto na aquisição de areia comercial, quanto na redução do volume de resíduos transportados até o aterro sanitário.

Esse estudo teve por objetivo diagnosticar o volume de resíduos dragados nos arroios e valas de Porto Alegre, bem como determinar a demanda reprimida de dragagens, devido à falta de área para a disposição, e o tempo estimado para a execução destes serviços, com base na frota atual do DEP. Foi proposta a instalação de uma Unidade Piloto, para o tratamento de 7,2% dos resíduos dragados, visando à caracterização física, química e biológica destes resíduos. A previsão para o início da operação da Unidade Piloto, que está em fase de licitação, é novembro de 2013. Após um período de monitoramento, pretende-se indicar alternativas para a disposição adequada, tratamento e possibilidades de reaproveitamento dos resíduos tratados, de acordo com normas técnicas vigentes.

Além de inovadora, a proposta de tratamento e reaproveitamento dos resíduos de dragagem poderá representar um ganho ambiental significativo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de dragagem, arroios urbanos, tratamento de resíduos, Porto Alegre.

INTRODUÇÃO

Os rios e arroios urbanos se constituem, frequentemente, em pontos de despejo de esgotos não tratados e de resíduos sólidos grosseiros (folhas, papéis, plásticos, pneus, móveis). Existe, ainda, a poluição difusa, resultante da lixiviação das superfícies de telhados, passeios e vias públicas, que chega aos corpos hídricos através das redes de drenagem, causando um grande impacto sobre a qualidade das águas. O desenvolvimento urbano pode aumentar as vazões naturais de rios e arroios em até sete vezes devido à impermeabilização do solo e a canalização do escoamento superficial (DEP, 2008).

São inúmeros os casos de entupimentos das bocas de lobo e canalizações de drenagem pluvial, causados pelo carreamento de resíduos sólidos, os quais impedem o escoamento das águas através da malha de drenagem urbana instalada e contribuem para os alagamentos das regiões mais baixas da cidade. Assim, ocorre a necessidade de uma limpeza sistemática e contínua destes locais para que, em dias de alta precipitação, as enchentes sejam evitadas, diminuindo os prejuízos materiais e consequências indesejáveis, como perdas humanas e a disseminação de doenças de transmissão e veiculação hídrica.

Na tentativa de amenizar os problemas das enchentes, o sedimento depositado no fundo dos corpos d'água acaba sendo dragado, a fim de se recuperar o leito natural do rio. No entanto, esta atividade pode provocar o solapamento das margens, além de revolver o fundo de rios e lagos, gerando graves conflitos quando se situam próximos à captação de águas para abastecimento público e/ou colônias de pescadores (YOUNG, 2010). Conforme Capilla *et al.* (2006), os contaminantes mais frequentes em sedimentos dragados são metais (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn), organoclorados e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH). Estudos realizados pela USEPA (1995), através do monitoramento de peixes em zonas urbanas comprovaram que, após ações de dragagem para manutenção em zonas urbanas, PAH foram liberados, causando distúrbios na saúde dos peixes.

Durante séculos os resíduos de dragagem foram dispostos de forma aleatória, em locais onde, muitas vezes, prejudicavam o meio ambiente, sem que houvesse um questionamento maior sobre este aspecto (VELLINGA, 1998).

Segundo Agostini *et al.*, (2007), na França são dragados 50 milhões de metros cúbicos de resíduos por ano, em 17 portos comerciais, sendo a maioria contaminados. De acordo com o mesmo autor, desde 2002 estes resíduos são encaminhados para aterros de resíduos perigosos, sendo proibida a disposição em aterros sanitários por conterem matéria orgânica, água e elementos tóxicos lixiviáveis. Por outro lado, vários pesquisadores entendem que, ao contrário de muitos sedimentos dragados no passado, comprovadamente tóxicos e necessitando de processos caros de descontaminação, os sedimentos dragados na atualidade são em sua maioria limpos, o que facilita o uso benéfico (KOBELL, 2010).

De acordo com Goes (2004), o uso benéfico é um conceito moderno, em que o material a ser dragado deixa de ser considerado um resíduo inútil, a ser descartado, e passa a ser considerado como um recurso natural valioso. Essa nova alternativa é muito atraente sob o ponto de vista ambiental, despertando a perspectiva de reutilização destes materiais.

No Brasil, até bem pouco tempo, as areias de dragagem tinham como destino final os aterros sanitários ou aterros de inertes, sem qualquer controle quanto à contaminação do solo e da água, nem uso de técnicas adequadas para compostagem do material. A partir de 1997, quando passou a vigorar a Resolução CONAMA 237/97, as atividades de dragagem tornaram-se licenciáveis, e a partir de 2004, a Resolução CONAMA 344/04 passou a exigir o controle e destinação ambientalmente correta dos resíduos dragados.

Em Porto Alegre, o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) é o órgão responsável pela limpeza e dragagem dos arroios e valas. No entanto, o DEP tem encontrado problemas tanto em relação à manutenção dos cursos d'água, quanto à disposição desses sedimentos, após as operações de dragagem. Devido ao alto teor de umidade e composição heterogênea, não é permitido o transporte imediato dos resíduos dragados em caminhões abertos, até o destino final. Desta forma, os resíduos precisam permanecer às margens dos arroios, para secagem, até obter uma consistência que possibilite o transporte e aceite em local adequado, uma vez que o DEP não possui área licenciada para disposição final ou tratamento destes resíduos, nem caminhões fechados para o transporte do material encharcado.

Até junho de 2010, os resíduos provenientes das dragagens eram enviados para a Central Serraria II, destinada ao descarte de materiais da construção civil e arbóreos. Após o encerramento desta unidade, os resíduos do DEP passaram a ser transportados para a Estação de Transbordo do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU), que posteriormente envia para um aterro sanitário distante 110 km de Porto Alegre.

A Divisão de Conservação do DEP (DEP/DC) é dividida em quatro zonais: Norte, Centro, Sul e Leste, que contam com equipes e maquinários próprios e contratados para realizar a limpeza das valas, arroios e bocas de lobo situadas nas suas áreas de abrangência. De acordo com a DEP/DC, a ausência de área licenciada para a disposição dos resíduos dragados gera uma demanda reprimida das dragagens e impede que se estabeleça um cronograma sistemático de trabalho.

Esse estudo visa diagnosticar o volume de resíduos dragados nos arroios de Porto Alegre, bem como determinar a demanda reprimida de dragagens e o tempo estimado para a execução destes serviços, com base na frota atual do DEP. Além disso, pretende-se indicar alternativas para a disposição adequada, tratamento e possibilidades de reaproveitamento dos resíduos de dragagem, de acordo com normas técnicas vigentes.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Porto Alegre conta com 27 sub-bacias hidrográficas. Percorrendo uma extensão de 17,6 km, o Arroio Dilúvio integra uma das bacias hidrográficas mais importantes na composição do Lago Guaíba, manancial que abastece a cidade. A bacia do Dilúvio é a segunda maior em abrangência territorial, com uma área total de 83 km², na qual habitam 450 mil pessoas, o que corresponde a 1/3 da população de Porto Alegre, abrangendo 36 bairros, além de parte da cidade de Viamão, na qual se encontra 20% da sua área (MENEGAT *et al.*, 1998; SCHMIDT & BLOCHTEIN, 2011).

Embora a bacia do Arroio Dilúvio possua um percentual significativo de redes coletoras de esgoto sanitário do tipo separador absoluto, o Dilúvio constitui-se num dos córregos mais poluídos de Porto Alegre (DMAE, 2009). A expressiva quantidade de resíduos sólidos presentes nas águas do Dilúvio afeta diretamente a sua qualidade. Além disso, assentamentos ilegais e ligações irregulares das redes de esgoto fazem com que o esgoto doméstico e mesmo o hospitalar sejam lançados diretamente no Dilúvio, sem nenhum tratamento (SCHMIDT & BLOCHTEIN, 2011).

De acordo com dados do Relatório de Atividades do DEP 2005-2008, dos 17,6 km de extensão do Arroio Dilúvio, 11,3 km necessitam de constante desassoreamento devido ao acúmulo de sedimentos ocasionados, tanto pela erosão natural, quanto pela degradação de suas margens e de seus afluentes, além dos resíduos sólidos urbanos. Entre 2006 e 2012 foram dragados mais de 148.000 m³ de resíduos ao longo do seu canal. No mesmo período, foram dragados mais de 51.000 m³ de resíduos somente na sua foz, compostos predominantemente por areias. Todo este material tem sido encaminhado para aterro sanitário, distante 110 km de Porto Alegre, sem tratamento ou reaproveitamento, a um custo de R\$ 4 milhões por ano.

A Prefeitura de Porto Alegre tem utilizado areia comercial para o aterramento de valas em suas obras e serviços executados, com custo aproximado de R\$ 54,00 por metro cúbico (SINAPI-CEF de janeiro de 2013). Além disso, o DEP possui uma fábrica de artefatos, para confecção de pequenas peças, como tampas de boca de lobo e tubos de diâmetros inferiores a 60 cm, onde se utiliza areia comercial como insumo. Somente a fábrica do DEP tem um gasto anual da ordem de R\$ 2 milhões com a aquisição de areia.

A incorporação da areia de dragagem urbana, como agregado para atividades de construção, em substituição à areia natural de dragagem, oferece uma possibilidade de se estabelecer um processo de reciclagem, que traz benefícios econômicos e ambientais, aliviando os aterros urbanos (YOUNG, 2010). No entanto, segundo Young, existem variações nas características do agregado entre as diferentes bacias hidrográficas e dentro de uma mesma bacia, ao longo da extensão dos arroios, associados à granulometria e padrão de contaminação. Essas alterações no resíduo, resultantes das atividades antrópicas desuniformes constituem limitações para sua utilização em grande escala, e evidenciam a influência de certas atividades específicas, desenvolvidas em diferentes pontos ao longo dos arroios (YOUNG, 2010).

No caso da reutilização de sedimentos dragados, Krauser e McDonell (2000) afirmam que há a necessidade de um manejo prévio do material, incluindo a secagem do sedimento numa bacia de contenção e adoção de técnicas de separação de material. Outro desafio é identificar e aplicar a tecnologia de reutilização mais adequada para cada situação, as quais variam desde as simples (mistura, secagem), até as mais complexas (vitrificação em alta temperatura); e dependem do grau de contaminação e características físicas do sedimento.

O uso de resíduos de dragagem urbana se configura como uma alternativa atraente porque, além da quantidade gerada ser considerável e da sua disposição final se constituir em um problema, pode, em tese, contribuir para mitigar o problema da exploração de areias naturais, que tem sofrido restrições devido à alteração de habitats e erosão de terrenos (YOUNG, 2010). No caso da construção civil, o sedimento de dragagens pode ser aplicado na criação de aterros e faixas de terra, na produção de agregados miúdos, na produção de blocos e, também, na fabricação de materiais de construção sintéticos.

Desta forma, a reutilização dos resíduos das dragagens em aterramento de valas, ou ainda, como matéria prima para a fábrica de artefatos do DEP, é uma medida que se alinha com as preocupações emergentes de geração de projetos de menor impacto ambiental.

Caracterização dos Resíduos dragados no Arroio Dilúvio

Conforme Menegat *et al.* (1998), o Arroio Dilúvio possui três regiões diferenciadas: de baixo, médio e alto impacto, classificadas conforme o grau de atividade antrópica. Young (2010) fez a caracterização física, química e biológica das areias do Arroio Dilúvio, e os pontos escolhidos para as coletas levaram em consideração esta classificação, conforme representação da Figura 01.

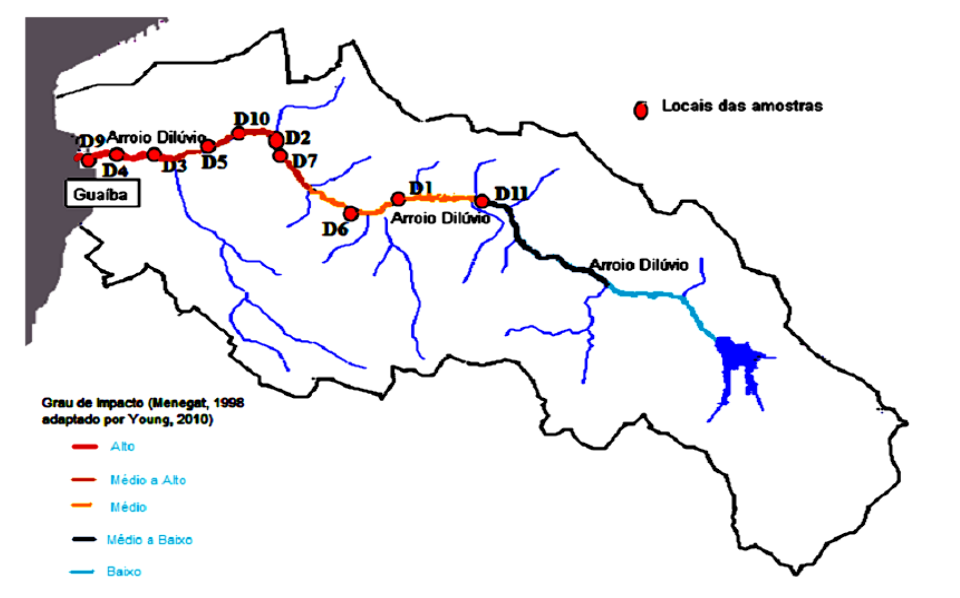


Figura 01: Classificação do Arroio Dilúvio de acordo com o impacto ambiental devido ao grau de atividade antrópica e representação dos pontos de coleta realizados por Young.

Fonte: YOUNG (2010).

Os sedimentos dragados foram depositados ao sol por cerca de 15 dias, para que a matéria orgânica e a densidade dos organismos patogênicos presentes fossem diminuídas. Após esse período, foi observada a modificação no aspecto visual do sedimento, decorrentes da incidência de raios solares e da lavagem pela ação da chuva, visto que o material ficou depositado em local sem cobertura. Conforme a autora, em função das chuvas frequentes, ocorridas durante a execução dos ensaios e da ausência de cobertura no local de estocagem, não foi possível determinar ao certo o tempo necessário para a completa secagem e estabilização biológica dos resíduos (YOUNG, 2010).

Nas tabelas 01 e 02 estão apresentadas as características físicas, biológicas e químicas encontradas por Young (2010), nas amostras de areias do Arroio Dilúvio analisadas.

Tabela 01: Características físicas das Areias do Arroio Dilúvio, em comparação com a Areia Padrão (extraída do Rio Jacuí).

AGREGADO	ϕ MAX (mm)	MÓDULO DE FINURA	MASSA ESPECÍFICA (kg/dm ³)	MATÉRIA ORGÂNICA
Jacuí	4,8	3,19	2,6	NA
D2	NA	NA	NA	300 ppm
D3	NA	3,66	NA	NA
D4	4,8	3,43	NA	986 mg/g
D5	4,8	2,99	2,26	37.000 ppm
D6	4,8	4,37	2,51	NA
D7	4,8	2,91	2,67	NA
D9	4,8	3,53	2,47	8.700 ppm
D10	4,8	2,00	NA	25.400 ppm
D11	4,8	3,89	2,53	8.900 ppm

Nota: (NA) não analisado. Fonte: YOUNG (2010).

Tabela 02: Resumos das características químicas e biológicas das Areias do Arroio Dilúvio.

PARÂMETRO	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D9	D10	D11
pH	6,8	7,0	6,6	5,5	NP	NP	NP	6,0	6,1	7,4
Óleos e graxas (mg/g)	ND	ND	ND	1,15	NP	NP	NP	1,2	ND	6,00
Matéria Orgânica (ppm)	4.000	20.000	4.000	1.400	3.700	NP	870	2.540	8.900	NP
Contaminação Parasitológica (qualitativo)	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NP	NP	ND	SIM	ND
Metais (mg/g)										
Cu	NP	NP	NP	0,081	NP	NP	NP	0,2237	0,1089	0,043
Cr	ND	0,025	ND	0,014	NP	NP	NP	0,0298	0,0442	0,0488
Pb	0,04	0,05	0,03	0,01	NP	NP	NP	0,0796	0,1131	0,041
Zn	0,044	0,045	0,043	0,078	NP	NP	NP	0,3253	0,6415	0,3585
Cd	0,001	ND	ND	ND	NP	NP	NP	ND	ND	ND
Hg	0,00002	0,00005	0,00002	0,00007	NP	NP	NP	0,00003	0,00007	ND

Nota: (ND): não detectado. (NP): não pesquisado. Fonte: YOUNG (2010).

Os resultados dos ensaios de lixiviação para o sedimento mostraram teores de contaminação de metais pesados preocupantes, para a utilização desse resíduo sem descontaminação prévia. Contudo, os ensaios dos monólitos de argamassa fabricados com a incorporação da areia dragada no Arroio Dilúvio, realizados conforme a norma holandesa NEN 7345:1995, indicaram que os metais foram retidos pela argamassa, assegurando que o resíduo estava estabilizado e não ameaçava a qualidade do meio ambiente (YOUNG, 2010).

Através da comparação dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização, com normas para usos de agregados da construção civil, Young (2010) avaliou a possibilidade de aplicação das areias dragadas no Arroio Dilúvio, para fins específicos, conforme apresenta a Tabela 03.

A partir dos resultados preliminares, obtidos por Young (2010), identificou-se a necessidade de um estudo mais aprofundado para cada um dos possíveis usos, seja como material de aterro, seja para a construção de artefatos, a fim de se determinar, com segurança, a viabilidade ou não do reaproveitamento das areias dragadas. Para tanto, foi proposta a instalação de uma Unidade Piloto de tratamento, onde se pretende monitorar o material tratado, através de análises físicas, químicas e biológicas.

Tabela 03: Avaliação das Possibilidades de usos e restrições das areias dragadas no Arroio Dilúvio, em comparação com as normas técnicas pertinentes.

Aplicação	Normas avaliadas	Avaliação da possibilidade de uso
Aterro	Resolução CONAMA 375/06 Resolução CONAMA 344/04 ABNT/NBR 10.004:2004 Valores Orientados CETESB 2005	⊗ Concentração de metais acima dos limites aceitos pela CETESB para Pb, Cu e Zn. ⊗ Apresenta contaminação biológica. → Não recomendado o uso da areia sem tratamento
Blocos vazados de concreto sem função estrutural	⊗ NBR 6.136/07 – Especificação	⊗ Resistência à compressão mínima: 2,5 MPa; ⊗ Absorção máxima de 10% → Necessita mais estudos.
Peças de concreto para pavimentação	NBR 9.781/87 – Especificação	⊗ Resistência característica a compressão: ≥ 35 MPa, para veículos comerciais ou de linha, > 50 MPa, para tráfego de veículos especiais. → Necessita mais estudos.

Fonte: Adaptado de YOUNG (2010).

Com base nos resultados de monitoramento da Unidade Piloto, pretende-se elencar alternativas ambientalmente corretas para a disposição final dos resíduos da dragagem. Tendo-se a comprovação da viabilidade de uso, o DEP poderá utilizá-los em sua fábrica, na produção de tubos de pequenos diâmetros e tampas para poços de visita, ou ainda nas obras de manutenção da rede pluvial, para o aterramento de valas. Vislumbra-se assim, uma economia na aquisição de areias e um ganho ambiental, através do tratamento e reaproveitamento destes resíduos.

METODOLOGIA

A metodologia de trabalho adotada seguiu os seguintes passos:

a) Levantamento dos dados:

Inicialmente foram levantados os dados históricos relativos aos volumes de resíduos dragados nos arroios de Porto Alegre, desde 2006 até agosto de 2012.

De posse dos volumes históricos, foram estimados os volumes de resíduos a remover, considerando a largura, extensão e altura média da camada de solo/resíduo a ser removida dos arroios e valas existentes na área de abrangência de cada zonal do DEP, a fim de determinar a demanda de dragagens reprimidas.

No passo seguinte, foi analisada a capacidade de transporte dos resíduos dragados, considerando a frota de veículos existentes em cada zonal, e estimado o tempo necessário para a execução dos serviços, considerando a demanda de dragagens reprimidas.

b) Proposta de Unidade Piloto para tratamento de resíduos dragados:

Para a reutilização dos resíduos dragados pelo DEP, é fundamental que se realize um estudo, a fim de quantificar e qualificar esses resíduos, determinando assim o tipo de tratamento mais adequado e as possibilidades de uso das areias tratadas. Para isto, foi proposta a implantação de uma Unidade Piloto de Tratamento.

Será contratado um laboratório especializado, por meio de licitação, para realizar o monitoramento físico, químico e biológico dos sedimentos tratados na Unidade Piloto, além de ensaios de lixiviação, tanto nos sedimentos tratados, quanto em peças e artefatos produzidos com a incorporação das areias tratadas, visando classificá-las de acordo com a norma ABNT/NBR 10.004:2004, Resolução CONAMA 307/2002, e normas técnicas pertinentes, quanto à periculosidade e restrições de aplicação, bem como determinar a destinação adequada.

O monitoramento da Unidade Piloto de tratamento dos resíduos de dragagem será realizado por um período de 180 dias, a fim de possibilitar a determinação de parâmetros operacionais, como o tempo necessário de

permanência dos resíduos na área de secagem, para a sua estabilização biológica; formatos de pilhas, necessidades de revolvimento e indicações de aplicação para o reaproveitamento do material tratado.

Espera-se, ao final do período de monitoramento, obter-se um banco de dados que possibilite a tomada de decisão sobre o tipo de tratamento mais adequado para este tipo de resíduo, a área física necessária para a implantação de uma unidade de tratamento em escala real, com aumento da capacidade de tratamento dos resíduos dragados, e a indicação de aplicação destes resíduos, com base nos dados analisados.

RESULTADOS

a) Determinação da demanda reprimida de resíduos a serem dragados pelo DEP

Os volumes de resíduos estimados a serem dragados e o número de caminhões disponíveis em cada zonal da DEP/DC encontram-se descritos na Tabela 04, bem como o tempo estimado para a execução dos serviços, considerando a frota atual.

Tabela 04: Volume estimado de resíduos a serem dragados, frota atual, por zonal, e tempo estimado para a execução dos serviços, considerando a frota atual da DEP/DC.

ZONAL	Volume estimado a ser dragado (m³)	Nº caminhões (5 m³ cada)	Tempo estimado para a remoção dos resíduos com a capacidade atual (2 viagens/dia)		
			Dias úteis	Meses	Anos
CENTRO	14.643	4	366	17	1,4
SUL	104.675	5	2.094	95	7,9
NORTE	143.451	14	1.025	47	3,9
LESTE	17.984	11	163	7	0,6
TOTAL:	280.753	34	MÉDIA: 826	38	3,1

Verificou-se que o volume total estimado de resíduos a serem dragados pelo DEP é de 280.753 m³, considerando a largura, extensão e altura média da camada de solo/resíduo a ser removida dos arroios e valas existentes na área de abrangência de cada zonal da DEP/DC.

Verificou-se, ainda, que a DEP/DC conta com 34 caminhões para o transporte de resíduos dragados, desde o local da dragagem até a unidade de transbordo do DMLU, onde estão sendo dispostos. Considerando que cada caminhão da frota atual tem capacidade de 5 m³ e realiza, em média, duas viagens por dia, hoje, a capacidade diária de transporte dos resíduos dragados pelo DEP fica estimada em 340 m³/dia, ou seja, 7.480 m³ por mês.

Tomando-se como base 22 dias úteis por mês, serão necessários 38 meses de trabalho (3,1 anos) para que a demanda reprimida de dragagens seja transportada até o destino final, após o licenciamento da área para a disposição destes resíduos e construção da unidade de tratamento. Entretanto, entende-se como condição ideal, que estas dragagens sejam executadas em menor tempo, uma vez que a geração de resíduos constitui-se num processo constante. Desta forma, identifica-se, de imediato, uma demanda para aumento da frota de veículos para o transporte dos resíduos até o destino final.

De acordo com o diagnóstico dos volumes de resíduos dragados nos arroios e valas de Porto Alegre, apresentado na Tabela 05, em 68 meses de trabalho foram dragados 372.388 m³ de resíduos, o que representa uma média de 5.476 m³ de resíduos por mês, equivalentes a 248 m³/dia. Este valor encontra-se aquém da capacidade diária estimada para o transporte dos resíduos dragados, 340 m³/dia, e é justificado pela ausência de área aprovada para a disposição final, o que impede o estabelecimento de um cronograma sistemático para as dragagens.

Tabela 05: Diagnóstico dos volumes de resíduos dragados nos arroios e valas de Porto Alegre entre 2006 e 2012.

LOCAL	INÍCIO	CONCLUSÃO	VOLUME DRAGADO (m³)
Arroio Dilúvio – canal	2/10/2006	30/8/2012	148.666,67
Arroio Dilúvio Ipiranga – Foz	30/3/2009	4/2/2012	51.666,67
Arroio Sarandi	24/4/2008	3/9/2008	25.600,00
Arroio Manecão	31/5/2008	8/8/2008	4.800,00
Afluente da Cavalhada	1/6/2008	31/7/2008	4.200,00
Valos no entorno do Beco da Vitória	1/6/2008	31/7/2008	16.000,00
Valo do Arado Velho	10/6/2008	30/6/2008	2.000,00
Vala da Estrada da Taquara - ZS	1/7/2008	31/7/2008	4.000,00
Valos da Chácara da Fumaça	1/7/2008	31/7/2008	8.000,00
Canal da Casa de Bombas 10	5/8/2008	30/9/2008	28.500,00
Arroio Cavalhada	4/11/2008	21/12/2008	14.000,00
Arroio Capivara	12/11/2008	15/12/2008	8.966,67
Arroio do Salso	11/5/2009	30/6/2009	20.266,67
Francisco Silveira Bitencourt x Porto Seco	1/4/2010	6/4/2010	650,00
Arroio Passo das Pedras	3/4/2010	28/4/2010	750,00
Vila Chimarrão	3/4/2010	29/4/2010	2.100,00
Arroio Santo Agostinho	6/4/2010	13/5/2010	27.750,00
Vila Atemis (acesso)	7/4/2010	9/4/2010	500,00
Vila Nazareth	8/4/2010	9/4/2010	180,00
Rua Dona Regina	10/4/2010	11/4/2010	160,00
Arroio Sete Mártires	11/4/2010	13/4/2010	240,00
Av. Sarandi	12/4/2010	13/4/2010	160,00
Rua Raul Cauduro Vila Batista Flores	13/4/2010	15/4/2010	540,00
Estrada Martin Felix Berta	14/4/2010	16/4/2010	250,00
Vila Asa Branca	17/4/2010	20/4/2010	525,00
Rua Regina de Araújo Rocha	21/4/2010	23/4/2010	416,00
Rua Delegado Eli Correa Prado	24/4/2010	28/4/2010	1.500,00
Volume total dragado no período	2/10/2006	30/8/2012	372.388,00

Conforme dados da DEP/DC, cada draga consegue extrair cerca de 30 m³/hora de resíduos do Arroio Dilúvio, somando uma produção diária de 600 m³ (para um turno de trabalho de 10 horas com dois equipamentos de dragagem). Na Figura 02 são apresentadas algumas imagens dos equipamentos em operação, realizando a dragagem do Arroio Dilúvio.



Figura 02: Dragas a serviço do DEP, realizando a dragagem do Arroio Dilúvio.
(a) Limpeza do canal, na Av. Ipiranga. (b) Limpeza da foz, na Av. Edvaldo Pereira Paiva.

b) Proposta de Unidade Piloto para tratamento de resíduos dragados:

Com base no histórico dos volumes de resíduos já dragados pelo DEP, apresentados na Tabela 05, estimou-se que uma área de 600 m² seja adequada para realizar um estudo piloto.

Para a instalação da Unidade Piloto será necessária a construção de um pavilhão coberto, com piso de concreto impermeável, de dimensões 20m x 30m, no qual serão montadas leiras para estudar o período necessário para a secagem e estabilização dos resíduos dragados.

Foram previstas a montagem de 3 leiras de seção triangular, com 4,0 m de base, 3,0 m de altura e 30,0 m de comprimento, totalizando um volume de 180 m³ de resíduos por leira. Foi projetado, ainda, um corredor de 4,0 m entre uma leira e outra para possibilitar o deslocamento das retroescavadeiras, que farão o revolvimento e montagem das pilhas.

Desta forma, o pavilhão da unidade piloto de tratamento poderá receber 540 m³ de resíduos por mês, o que corresponde a 7,2% da capacidade atual de transporte de resíduos dragados pelo DEP (7.480 m³/mês), considerando a frota atual de veículos e a necessidade de 30 dias para a secagem e tratamento biológico do material. Nestas condições, a capacidade diária de recebimento de resíduos da unidade piloto de tratamento é estimada em 18 m³/dia.

O projeto da Unidade Piloto seguiu os critérios estabelecidos na ABNT/NBR 11.174:1990 (ABNT, 1990), contemplando a preparação do solo, impermeabilização (Figura 03), bacias de contenção e sinalizações específicas para áreas de armazenamento de resíduos.

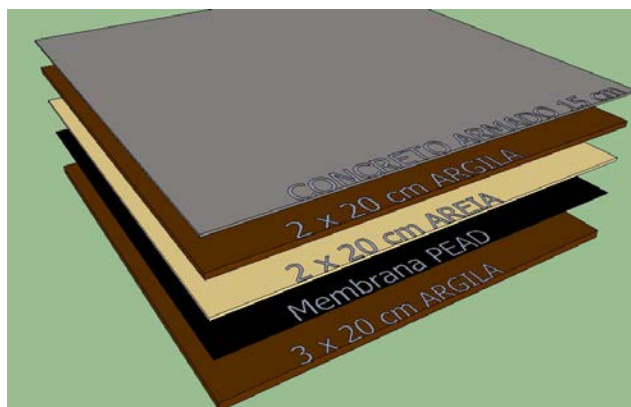


Figura 03: Detalhe do preparo do solo e impermeabilização para evitar contaminação do solo/freático pela lixiviação nas leiras.

O pavilhão para a instalação da Unidade Piloto terá piso de concreto armado, com inclinação de 1,5%, adequada ao escoamento do excesso de umidade das leiras. Será aberto nas laterais, contando apenas com uma parede de alvenaria de vedação com altura de 1,5 m, por todo perímetro do pavilhão, com o objetivo de realizar uma delimitação e contenção do material depositado.

Como o DEP ainda não possui área licenciada para a destinação dos resíduos, optou-se por instalar a Unidade Piloto junto à Unidade de Triagem e Compostagem do DMLU (UTC/DMLU), que já tem licença ambiental para esta atividade.

Os dados de monitoramento serão levantados na Unidade Piloto pelo período de 180 dias. Com eles, pretende-se determinar parâmetros operacionais como: o tempo ideal de secagem e estabilização das areias, formato das pilhas e intervalos entre os revolvimentos, diferenças de características entre os resíduos de arroios diversos e técnicas de tratamento mais indicadas. Estes dados possibilitarão uma análise técnica sobre a viabilidade de tratamento e reutilização das areias dragadas.

Além disso, pretende-se realizar uma análise de viabilidade econômica entre as alternativas de reaproveitamento possíveis, em função das características encontradas nas areias tratadas na Unidade Piloto. Estes dados serão utilizados, ainda, para o dimensionamento de uma unidade de tratamento em escala real, com aumento da capacidade de tratamento dos resíduos. Paralelamente a estes estudos, serão pesquisadas áreas disponíveis para a implantação da unidade definitiva de tratamento dos resíduos, considerando os requisitos necessários para o licenciamento ambiental.

A construção da Unidade Piloto de tratamento de resíduos dragados está inserida no plano anual de gestão do DEP. O prazo previsto para o início das atividades da Unidade Piloto é novembro de 2013.

CONCLUSÃO

Esse estudo teve por objetivo diagnosticar o volume de resíduos dragados nos arroios de Porto Alegre, bem como determinar a demanda reprimida de dragagens e o tempo estimado para a execução destes serviços, com base na frota atual do DEP.

Verificou-se que, entre 2006 e 2012 foram dragados 372.388 m³ de resíduos dos arroios e valas da cidade, compostos predominantemente por areias, contaminadas com esgotos cloacais e resíduos domiciliares.

Verificou-se, ainda, que a capacidade diária de transporte dos resíduos dragados pelo DEP, considerando a sua frota atual é estimada em 340 m³/dia, ou seja, 7.480 m³ por mês e que, nestas condições, para atender à demanda reprimida, seriam necessários 38 meses de trabalho.

Foi proposta a instalação de uma Unidade Piloto, para o tratamento de 7,2% da capacidade atual de transporte de resíduos dragados pelo DEP, onde será possível realizar a caracterização física, química e biológica dos resíduos e, após um período mínimo de monitoramento, indicar alternativas para a disposição adequada e possibilidades de reaproveitamento, de acordo com normas técnicas vigentes. O empreendimento está em fase de licitação e a previsão para início da operação da Unidade Piloto é em novembro de 2013.

A possibilidade de reaproveitamento dos resíduos das dragagens pode representar, além da redução dos custos com aquisição de areia comercial, transporte e disposição do material, um ganho ambiental significativo. Esta é uma medida inovadora, que se alinha com as preocupações emergentes de geração de projetos de menor impacto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11.174: Armazenamento de resíduos classes II - não inertes e III - inertes - Procedimento. Rio de Janeiro, 1990.
3. AGOSTINI, F.; SKOCZYLAS, F.; LAFHAJ, Z. About a possible valorisation in cementitious materials of polluted sediments after treatment. *Cement and Concrete Composites*, v. 29, n. 4, p. 270-278, April 2007.
4. CAPILLA, X. et al. Physicochemical and biological characterization of different dredged sediment deposit sites in France. *Environmental Pollution*, v. 143, n. 1, p. 106-116. Sept. 2006.
5. DEP – DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS. Relatório de atividades 2005 a 2008. Porto Alegre: DEP/ PMPA. 2008. 174p.
6. DMAE – DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. Laudo 14/2009: A melhoria da qualidade da água do Arroio Dilúvio (sub-bacia D-11, Porto Alegre/RS) e sua relação com as ligações de esgoto no sistema separador absoluto do DMAE. Porto Alegre: DMAE/ PMPA. 2009. 17p.
7. GOES Fº, H.A. Dragagem e Gestão dos Sedimentos. 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ: Rio de Janeiro, 2004.
8. KOBELL, Rona. Dredge island in Bay giving way to projects on shore. *Bay Journal*, Seven Valleys, Pensilvania, v.20, n.1, March 2010. Disponível em <<http://www.bayjournal.com/article.cfm?article=3794> > Acesso: 05 de outubro de 2012.

9. KRAUSER, P.R.; McDONNEL, K.A. Reutilização Benéfica de Material Dragado com Despejo em Terra. Harding Lawson Associates, Engineering and Environmental Services, 2000.
10. MENEGAT, R (Coord.). Atlas Ambiental de Porto Alegre. 3 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2006. 256p. CD-Rom.
11. NEN 7345 – Característica de Lixiviação de Materiais de Construção Sólidos, em forma terrosa ou rochosa, e de resíduos. Ensaio de Extração. Determinação da lixiviação de componentes inorgânicos de materiais moldados e monolíticos com ensaio de difusão. Holanda. 1995.
12. SCHMIDT, J.; BLOCHTEIN, B. (Coord.). Programa de Revitalização da Bacia do Arroio Dilúvio: um futuro possível. Marco Conceitual. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.senge.org.br/site/arquivos/upload/MARCO%20CONCEITUAL.pdf>>
13. USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY A Guide to the Biosolids risk Assessments for the EPA Part 503 rule, 1995. Washington: Office of Wastewater Management, EPA/832 – B – 93 – 005, 1995. 195p.
14. VELLINGA, TIEDO, Guide de Gestion des Matériaux de Dragage, Rapport Spécial de la Commission Permanente de l'Environnement, International Navigation Association (PIANC), Bruxelles, Belgique. 1998.
15. YOUNG, J. Caracterização de Areias de Dragagem de Rios Urbanos para Avaliação do seu Potencial de Uso como Agregado em Argamassas. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.