

### III-091 - CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS RESIDUAIS PROVENIENTES DA MANUTENÇÃO DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO

**Maurício Bergamini Scheer<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Florestal pela Universidade Federal do Paraná. Mestre e doutor em engenharia florestal pela Universidade Federal do Paraná. Engenheiro da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

**Ronald Gervasoni**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Tuiuti do Paraná. Mestre pelo Programa Internacional de Mestrado Profissional Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR/SENAI/Universitat Stuttgart. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

**Ana Paula Coelho Schimaleski**

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, atualmente é analista de projetos na área de energias renováveis e meio ambiente

**Raissa V. da Rocha de Lima**

Acadêmica de Engenharia Agrônômica pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR. Ex-estagiária da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

**Tamires Marcela Burda**

Acadêmica de Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná – UFPR. Estagiária da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Engenheiro Antônio Batista Ribas, 151 - Tarumã – Curitiba - Paraná - CEP: 82800-130 – Brasil - Tel: +55 (41) 3330-7262 - Fax: +55 (41) 3333-9952 - e-mail: [mauriciobs@sanepar.com.br](mailto:mauriciobs@sanepar.com.br)

#### RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de analisar materiais residuais produzidos na implantação e manutenção de redes de água e esgoto e sugerir alternativas para sua disposição final. Para tal, foi realizado um breve diagnóstico da produção de resíduos e de suas destinações finais nas diversas regiões atendidas pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. Posteriormente foi conduzida uma caracterização destes materiais com base na NBR 10.004/04, nas resoluções CONAMA 307/2002 e 448/20012, e finalmente foram apresentadas orientações para a destinação destes resíduos. Atualmente, há certa indefinição sobre a sua adequada classificação e quanto as alternativas de gerenciamento ambientalmente apropriadas. Os resíduos das redes foram melhor classificados pela Resolução CONAMA nº307/2002 como resíduos Classe A. Isto pode ser explicado visto que se classificando segundo a NBR 10.004/04, os parâmetros dos critérios “solubilizado” que, neste estudo, impediram a classificação como II B (inerte), são compatíveis com solos naturais de diversas regiões do estado. Portanto, tal classificação pode não estar relacionada com o fato de serem resíduos da manutenção de redes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reaterro, aproveitamento de resíduos, caracterização, disposição.

#### INTRODUÇÃO

Segundo Fortes *et al.* (2008), os serviços de manutenção executados pelas concessionárias de saneamento ambiental podem ser divididos em três grandes áreas: água, esgoto e pavimentação. Os de “água” englobam a ligação e re-ligação de ramal predial de água, troca de cavalete, supressão de fornecimento de água e na tomada água, reparo de vazamento no leito asfáltico, reparo de vazamento no leito não pavimentado, reparo de rede d’água, entre outros. Já os serviços relacionados a esgoto normalmente são: reparo de ramal de esgoto, base de reconstrução de singularidade e reparos de vazamentos. A pavimentação consiste na recomposição das calçadas e vias onde foram realizadas as intervenções.

Todos esses serviços envolvem a execução de valas. O serviço de reaterro pode ocorrer com aproveitamento ou não do solo retirado do próprio local de manutenção. Por vezes, devido ao vazamento das redes, o solo não se encontra em condições apropriadas de ser reutilizado, principalmente por estar com excesso de água ou esgoto, não atendendo os parâmetros geotécnicos, sendo necessária a sua remoção e substituição.

O não reaproveitamento do solo cria a necessidade de se buscar jazidas de terra, saibro ou areia, as quais estão se tornando cada vez mais escassas, devido pequena disponibilidade de áreas em decorrência do aumento da demanda. Além disso, considerando o impacto ambiental decorrente desta atividade, as empresas têm sido orientadas a reverem conceitos e valores, buscando a sustentação do modelo de desenvolvimento, principalmente quanto ao menor consumo de recursos naturais, ao menor impacto de extração e transporte e ao descarte de materiais que poderiam ser reutilizados em aterros. Por outro lado, implica também em gastos em transporte e destinação final dos materiais retirados dos locais das obras.

Salienta-se que a última versão da NBR 10.004/04, classifica resíduos sólidos não só quanto à disposição final, mas também quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente. Alguns critérios para classificação como resíduo Inerte (Classe II B), como os constituintes solubilizados do resíduo, devem apresentar os padrões iguais aos potabilidade da água (Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12/12/2011), situação que representa uma condição de avaliação de risco inadequada, face a um cenário de exposição com raríssima probabilidade de ocorrência. Isso pode levar à interpretação que a qualidade de água de um solubilizado de um material que esta sendo direcionado a um aterro (apropriadamente ou não, vide adiante) poderia, sob análise de alguns parâmetros, ser utilizada para consumo humano. Sendo assim, por este ponto de vista, seria um limite muito rígido para este tipo de destino.

Por outro lado, os materiais provenientes de obras também podem ser classificados pela Resolução CONAMA nº 307/2002, a qual trata de resíduos da construção civil e pode classificar estes materiais como Classe A: “resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos de terraplanagem”; entre outros.

Essa resolução recomenda que estes resíduos sejam reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos Classe A (construção civil) de reservação de material para usos futuros (nova redação dada pela Resolução CONAMA 448/2012). Segundo este documento, os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos urbanos, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’ água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

O presente trabalho teve o objetivo de analisar, através da caracterização físico-química e biológica, amostras de materiais residuais produzidos na implantação e manutenção de redes de água e esgoto da Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e sugerir alternativas para sua disposição final. Para tanto, após um breve diagnóstico da produção de resíduos e sua destinação final nas diversas regiões do estado do Paraná, e seus respectivos custos, foram realizadas classificações com base na NBR 10.004/04, e apresentadas considerações quanto as resoluções CONAMA 307/2002, 375/2006 e 448/2012 e quanto a parâmetros de concentrações naturais encontradas nos solos e águas subterrâneas no estado do Paraná.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Considerando que, em uma empresa de saneamento, há constantemente obras de manutenção e reparos de redes de água e esgoto, principalmente nos grandes centros urbanos, observa-se a geração dos seguintes materiais residuais:

- a) solo úmido retirado em locais onde houve vazamento ou outros problemas na rede de água;
- b) solo úmido contaminado com esgoto retirado em locais onde existiu vazamento ou outros problemas na rede esgoto;
- c) eventuais pedaços de concreto e asfalto (caliça em geral) retirados quando é necessária a intervenção em ruas e passeios.

Foram coletadas e analisadas as seguintes amostras na RMC: três amostras de material de escavações provenientes de manutenções de redes de esgoto; duas amostras provenientes de manutenções de redes de água; duas amostras de material heterogêneo de pátio de armazenagem (estocagem temporária de material de escavação de redes de água e de esgoto em pátio de empresa terceirizada); duas amostras de rede de esgoto com calagem (cal virgem) a 5% da massa seca, que segundo amostragem piloto, foi suficiente para elevar o pH da amostra acima de 12 (visando possível inertização e/ou higienização); uma amostra de solo natural com horizontes A e B, chamada de solo testemunha.

As dez amostras selecionadas conforme critérios apresentados anteriormente foram enviadas para análise físico-química e microbiológica visando a classificação segundo a NBR 10.004/2004, onde foram analisados os extratos solubilizados (27 parâmetros), lixiviados (40 parâmetros) e massa bruta (24 parâmetros).

Nas valas abertas a coleta das amostras foi realizada com auxílio de pá cortadeira. Nas leiras dos pátios de estocagem temporária as coletas foram realizadas com trado holandês. Foram atendidas recomendações de coleta segundo a norma NBR 10.007/2004.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que para todas as amostras analisadas, os valores dos parâmetros analisados na “massa bruta” e no “lixiviado” não superam os máximos permitidos pela NBR 10.004/2004 para considerar como resíduo Classe II A (não inerte). No entanto, dos 27 parâmetros dos extratos solubilizados, apenas 5 excederam os valores máximos permitidos para a classificação do material como II B (resíduo inerte), como pode ser observado nas Tabelas 1 e 2. Entre eles o ferro (Fe) e o alumínio (Al) parecem ser os melhores indicadores, estando correlacionados com parâmetros “turbidez” e “cor”, sendo que estes últimos não são exigidos pela NBR 10.004/04. Os demais elementos estão apenas pouco acima dos limites estipulados.

Cabe salientar que o solubilizado da amostra testemunha (solo natural) foi o segundo com maior teor de Fe, elemento muito comum nos solos (5% da crosta terrestre, sendo o quarto elemento mais comum). O teor médio de óxido de ferro III (hematita) nos solos paranaenses é de 15% e de Fe extraível, de 22,87 mg/dm<sup>3</sup> (MINEROPAR, 2005). Nota-se que o nível testado de calagem resultou em inertização e higienização parcial do solubilizado das amostras expostas ao esgoto. Os solubilizados das amostras do pátio de armazenamento temporário ficaram mais próximos de serem classificados como de material inerte, possivelmente pela lixiviação/solubilização pela água da chuva durante a estocagem, apesar do curto intervalo de tempo.

Quanto ao parâmetro “ovos de helmintos”, as amostras não ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução Conama 375/2006. O solo natural apresentou valor de coliformes termotolerantes próximos da média dos demais, sendo todos pouco preocupantes. Cabe salientar que a referida NBR exclui o critério de patogenicidade de resíduos de estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto, ainda que os materiais coletados são respectivamente a montante destes sistemas e, portanto, menos concentrados.

**Tabela 1. Quantidade de parâmetros analisados (primeira linha em parênteses) e daqueles que excederam os limites para a classificação como resíduo inerte (Classe II B), segundo NBR 10.004/2004.**

Amostra	Solubilizado (27)	Massa bruta (24)	Lixiviado(40)
3 amostras de rede de esgoto	5 (Fe, Al, Cr, SO <sub>4</sub> , Pb)	0	0
2 amostras de rede de água	4 (Fe, Al, Cr, SO <sub>4</sub> )	0	0
SOLO (testemunha)	3 (Fe, Cr, SO <sub>4</sub> )	0	0
2 amostras de pátio de estocagem	1 (Fe)	0	0
2 amostras de rede esgoto caçado	(Fe, Al)	0	0

**Tabela 2. Parâmetros que excederam os valores máximos permitidos para a classificação como resíduo inerte (Classe II B), segundo NBR 10.004/04, e valores de coliformes termotolerantes atendendo a Resolução CONAMA 375/2001.**

Solubilizado (NBR 10.004/04)									
Amostra	Material de escavação	Fe mg/L (0,3)	Turbidez UT (5)*	Cor Hz (15)*	Al mg/L (0,2)	Cr mg/L (0,05)	SO <sub>4</sub> mg/L (250)	Pb mg/L (0,01)	Col. Termo. UFC/g (1000)**
ARE 3	rede esgoto	4,93	940,0	1280,0	1,80	ok	616,4	0,02	94
SOLO (test.)	solo natural	3,90	200,0	ok	ok	0,06	428,9	ok	120
ARE 2	rede esgoto	2,35	213,0	340,0	0,39	ok	346,8	ok	150
ARE 1	rede esgoto	1,95	102,0	160,0	ok	0,06	ok	ok	180
ARA 2	rede água	1,88	96,0	120,0	ok	ok	ok	ok	220
ARA 1	rede água	1,65	101,0	110,0	0,28	0,09	ok	0,02	12
AP 2	pátio	0,50	14,0	ok	ok	ok	ok	ok	150
AP 1	pátio	0,50	44,0	44,0	ok	ok	ok	ok	29
CAL 2	r. esgoto caledo	0,65	78,0	120,0	0,28	ok	ok	ok	<1
CAL 1	r. esgoto caledo	0,56	63,0	90,0	0,21	ok	ok	ok	380

\*turbidez e cor não são consideradas segundo NBR 10.004/04

\*\*valores de coliformes termotolerantes que atendem as exigências da Resolução CONAMA 375/2006: classe

Obs: valores em parênteses são os máximos permitidos para a Classe II B, sendo estes iguais aos padrões de potabilidade da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 12/12/2011 (Federal) e também aos valores orientadores para água subterrânea da CETESB (Decisão de Diretoria nº 195/2005).

Descrição dos parâmetros analíticos com valores que superaram os máximos permitidos pela norma para classificação como Resíduos Inertes (II B)

#### Ferro

- O Fe é o quarto elemento mais comum na litosfera;
- Condições oxidantes e alcalinas promovem sua precipitação e condições ácidas e redutoras permitem a dissolução dos compostos de Fe. O Fe liberado se precipita na forma de óxidos (hematita, goethita) e hidróxidos Fe(OH)<sub>3</sub>;
- Nos solos ricos em matéria orgânica, o Fe ocorre na forma de quelatos orgânicos;
- Média no PR (horizonte B) = 15% de hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), equivalente a 105 g de Fe/kg (MINEROPAR, 2005). A massa bruta deste elemento não é cobrada pela norma;
- As águas do freático na região do Iraí (Canguiri), RMC, apresentam teores de Fe total dissolvido entre 0,05 e 2,85 mg/L e as do aquífero do Guabirotuba, entre 0,07 e 1,04 mg/L (Rosa-Filho, 2012), valores muito próximos aos da Tabela 2;
- A Média de Fe extraível nos solos do PR é 22,89 mg/L (MINEROPAR, 2005); o maior valor obtido no solubilizado foi de 4,93 mg/L. Conforme já comentado, este valor também está abaixo dos limites máximos permitidos (15 mg/L) para efluentes de qualquer fonte poluidora e para chorume de aterro sanitário (Resoluções CONAMA nº 430/2011 e CEMA/PR nº 86/2013).
- O valor máximo para as águas subterrâneas de aterros sanitários é de 2,45 mg/L (CEMA/PR nº 86/2013). Segundo o Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004, o parâmetro de referência para a qualidade da água subterrânea é de 300 mg/L, valor muito maior aos encontrados na presente investigação;
- Vide Observação da Tabela 2.

### Alumínio

- O Al é o terceiro elemento mais importante na crosta terrestre, com abundância média de 8%. O Al está presente nos minerais silicatados, podendo estar combinado com o Fe, metais alcalinos e alcalinos terrosos (MINEROPAR, 2001);
- Este elemento pode ser liberado por utensílios domésticos, de construção e industriais;
- Média no PR (horizonte B) = 23,28% ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), equivalente a 391 g de Al/kg. A massa bruta deste elemento não é cobrada pela norma;
- A Média de Al trocável no PR é 1,34  $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$  (120 mg/L) (MINEROPAR, 2005); o maior valor obtido no solubilizado foi de 1,80 mg/L;
- Como é sabido, pode-se corrigir o excesso de Al solúvel no solo por meio da calagem ou de adição de quantidades suficientes de fosfatos solúveis, tratamentos que precipitam este cátion (Rosa-Filho, 2012);
- O valor máximo para as águas subterrâneas de aterros sanitários é de 3,5 mg/L (CEMA/PR nº 86/2013). Segundo o Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004, o parâmetro de referência para a qualidade da água subterrânea é de 0,02 mg/L, valor muito menor ao da norma NBR 10.004;
- Vide Observação da Tabela 2.

### Cromo

- Em rochas sedimentares pode ocorrer na forma de cromita ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ), magnetita e ilmenita. Durante o intemperismo o  $\text{Cr}^{3+}$  lembra (acompanha) o  $\text{Fe}^{3+}$  e o  $\text{Al}^{3+}$ , permitindo ampla acumulação em argilominerais secundários (MINEROPAR, 2005);
- O cromo pode ser liberado pela dissolução de silicatos ferromagnesianos em condições de alto Eh e baixo pH, porém, a dispersão subsequente é interrompida pela tendência dos cromatos serem sorvidos por argilominerais e matéria orgânica (BGS citado por MINEROPAR, 2005);
- Média de Cr no PR (horizonte B) = 105 mg/kg, podendo ser considerado como um constituinte normal nos solos do território paranaense (MINEROPAR, 2005); valores de 4 a 145 mg/kg foram encontrados por Souza *et al.* (1996). Na massa bruta os valores encontrados foram de aproximadamente 30 mg/kg, muito abaixo do limite estabelecido pela norma (100 mg Cr/kg), bem como abaixo do valor estabelecido para prevenção em solos pela CETESB (75 mg/kg) e pelo Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004 (700 mg/kg);
- Souza *et al.* (1996) encontraram correlações positivas entre o teor de argila e metais como por exemplo o Cr ( $r = 0,88^{**}$ ) e o Pb ( $r = 0,72^{**}$ ). Entre os 10 solos analisados, os dois classificados como Terra Roxa Estruturada Eutrófica de textura argilosa, derivados de rochas básicas (Londrina e Rolândia, apresentaram os maiores teores, alcançando 145 mg/kg. Os valores foram maiores no horizonte B do que no A. Os valores para Latossolo de argilito da Formação Guabirotuba foram entre 40 e 70 mg/kg. Barros *et al.* (2008) encontraram uma alta correlação entre Cr e Pb nos solos da formação Guabirotuba;
- O Cr é usado na fabricação de aço inoxidável, em conservantes de madeira, na cobertura de superfícies metálicas para evitar corrosão, na fabricação de vidros, na indústria de refratários na produção de tijolos e revestimentos, etc (MINEROPAR, 2005). Portanto, além de ser comum nos solos e acompanhar os demais elementos supracitados, sua fonte também pode ser proveniente de resíduos da construção civil;
- Segundo o Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004, o parâmetro de referência para a qualidade da água subterrânea é de 0,03 mg/L (residencial) e 0,05 mg/L (industrial), sendo o valor da água subterrânea de área industrial igual ao da norma NBR 10.004;
- Vide Observação e Nota da Tabela 2.

### Chumbo

- Como também para os outros elementos, a solubilidade do Pb aumenta com a acidez do solo. Os teores totais no solo podem variar de 2 a 200 mg/kg (De Mello *et al.*, 1983);
- Assim como para o Cr, há uma alta correlação com os teores de argila no solo;
- Média no PR (horizonte B) = 23,21 mg/kg de Pb, podendo ser considerado como um constituinte normal nos solos do território paranaense (MINEROPAR, 2005); valores de 14 a 94 mg/kg foram encontrados por De Paula *et al.* (1996). Na massa bruta os valores encontrados foram de aproximadamente 30 mg/kg, porém a norma não estabelece limite para este elemento na massa bruta.



No entanto, este valor também está abaixo do valor estabelecido para prevenção em solos pela CETESB (72 mg/kg), bem como pelo Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004 (350 mg/kg);

- Em drenagens ácidas, como terrenos graníticos ou de turfeiras, O PbS é dissolvido e se dispersa em taxas controladas pela disponibilidade de óxidos de Fe e Mn para sorção;
- O chumbo está presente em sucatas, baterias, vidros e cristais, cerâmicas, borracha e revestimentos de cabos elétricos, tubos e barras, em ligas, como pigmento de tintas, etc (Koljonen et al, citado por MINEROPAR, 2005);
- Metais pesados tóxicos, a exemplo de Cd, Pb e Ni, encontram-se geralmente em baixa concentração na maioria do esgoto tratado e não parecem representar maiores problemas para a utilização do esgoto na irrigação (Piveli *et al.*, 2009);
- Segundo o Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004, o parâmetro de referência para a qualidade da água subterrânea é de 0,01 mg/L (residencial) e 0,075 mg/L (industrial), sendo o valor da água subterrânea de área residencial igual ao da norma NBR 10.004;
- Vide Observação e Nota da Tabela 2.

### Enxofre

- Na crosta terrestre, o enxofre ocorre principalmente na forma de sulfetos, com sulfatos encontrados nos minérios formados próximo à superfície terrestre e em sedimentos;
- A média o horizonte B, encontrada em solos paranaenses é de 222 mg/kg (MINEROPAR, 2005);
- Segundo De Mello et al. (2005), o enxofre no solo, geralmente é oxidado passando a  $\text{SO}_4^{2-}$  que se perde facilmente nas águas percolantes, principalmente em solos arenosos;
- Nos solos minerais, o teor varia entre 0,02 e 0,2%. Nos solos orgânicos pode alcançar 1%; O teor de sulfatos de solos de São Paulo, determinados por Malavolta (1952) variou de 0,0013 e 0,007%.
- A adsorção de  $\text{SO}_4^{2-}$  pelos colóides do solo aumenta à medida que o pH baixa (CASAGRANDE *et al.*, 2003).

Segundo o Decreto Municipal de Curitiba nº 1190/2004, o parâmetro de referência para a qualidade da água subterrânea é de 250 mg/L, valor igual ao da norma NBR 10.004.

### CONCLUSÕES

De acordo com os critérios “massa bruta” e “lixiviação”, os materiais amostrados, provenientes de escavação de redes de água e de esgoto, com vistas a uma caracterização, poderiam ser classificados como resíduos inertes (Classe II B).

No entanto, considerando o critério “solubilizado”, 5 parâmetros apresentaram concentração acima dos limites preconizados pela NBR 10.004 para resíduo II B. Tais parâmetros foram: Fe, Al, Cr,  $\text{SO}_4$  e Pb.

Portanto, de acordo com a norma supracitada, todos os materiais analisados, inclusive o solo “testemunha” (sem significativa interferência antrópica), por apenas 5 parâmetros, seriam classificados como resíduos não inertes (II A). Isto indica que, a norma como está, tenha a chance de classificar muitos ou a maioria dos solos “naturais” do estado do Paraná como não inertes (II A), provavelmente precisando de uma interpretação mais adequada dos profissionais, bem como dos órgãos licenciadores frente à determinadas aplicações.

Os valores das análises de solubilizados para Fe, Cr e Pb estão consideravelmente abaixo dos limites máximos permitidos para efluentes de qualquer fonte poluidora e para chorume de aterro sanitário (Resoluções CONAMA nº 430/2011 e CEMA/PR nº 86/2013). Esses limites são 15 mg/L para o Fe, 0,1 mg/L para o  $\text{Cr}^{+6}$  e 1,0 mg/L para o  $\text{Cr}^{+3}$  e 0,5 mg/L para o Pb. Em relação aos parâmetros microbiológicos, os valores estão abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 375/2006, mesmo provenientes da escavação para a manutenção de redes de esgoto.

Os resultados da presente investigação para resíduos provenientes de escavações para obras de manutenção de redes de água e esgoto indicam uma proximidade de características daquelas necessárias para a classificação como resíduo inerte, segundo a Norma NBR 10.004/2004. No entanto, os parâmetros Fe, Al, Cr,  $\text{SO}_4$  e Pb um pouco excedentes no “solubilizado” podem estar apenas relacionados as características intrínsecas dos solos naturais respondendo a geologia local.

A classificação de acordo com o CONAMA nº307/2002 (resíduos Classe A) parece ser adequada para o gerenciamento destes resíduos, sendo considerados “resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos de terraplanagem” (CONAMA, 2002).

Portanto, considerando o material residual da manutenção de redes de saneamento como um resíduo da construção civil, recomenda-se a reutilização destes materiais residuais na própria obra. Na impossibilidade de aplicá-lo dessa forma, sugere-se alternativas de destino como material de cobertura de aterros de resíduos licenciados. Estes materiais também poderão ser encaminhados às recicladoras e a disposição em aterros para obras civis, devendo estas alternativas estarem devidamente licenciadas ou autorizadas pelo órgão ambiental licenciador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 10.004; (2004). Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro; ABNT, 71 p.
2. ABNT. NBR 10.007; (2004). Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro; ABNT, 25 p.
3. BARROS, Y. J. *et al.* Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1763-1773, 2008.
4. CASAGRANDE, J. C. *et al.* Adsorção de fosfato e sulfato em solos com cargas elétricas variáveis. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.27, n.1, p. 51-59, 2003.
5. CEMA/PR. Resolução CEMA nº 86, de 2 de Abril de 2013 – In: Resoluções, 2013.
6. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de Julho de 2002 – In: Resoluções, 2002.
7. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 – In: Resoluções, 2011.
8. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução CONAMA nº 448, de 18 de Janeiro de 2012 – In: Resoluções, 2012.
9. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução CONAMA nº 375, de 29 de agosto de 2006 – In: Resoluções, 2006.
10. CURITIBA. Prefeitura Municipal de Curitiba. Decreto Municipal de Curitiba, nº 1190, de 14 de dezembro de 2004.
11. FORTES, R. M. *et al.* 02-005 - Estudo da estabilização de lodo oriundo da estação de tratamento de água (ETA) de Taiapuê para utilização como material em reaterro de valas. CONINFRA – CONGRESSO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. ANDIT - Associação Nacional de Infra-estrutura de Transportes. ISSN 1983-3903. São Paulo, São Paulo, Brasil, 25 a 28 de Junho de 2008.
12. MALAVOLTA, E. Estudos químico-agrícolas sobre o enxofre. Anais da Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz, Piracicaba, v.9, p. 39-130, 1952.
13. MINEROPAR. Minerais do Paraná S. A. Atlas Geoquímico do estado do Paraná. Geoquímica das águas superficiais e geoquímica dos sedimentos de fundo. Curitiba, PR, Mineropar, 80p., 2001.
14. MINEROPAR. Minerais do Paraná S. A. Geoquímica de solo - Horizonte B. In: Levantamento Geoquímico Multielementar do Estado do Paraná. Curitiba, PR, Mineropar, v.2p. 407p., 2005.
15. PIVELI, R. P. *et al.* Utilização de esgoto tratado na agricultura: aporte de água e nutrientes - In: MOTA, F. S. B. & VON SPERLING, M. Livro 2 PROSAB: Esgoto. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro, cap.3, p. 52-118, 2009.
16. ROSA-FILHO, E. F. Qualidade das águas superficiais e subterrâneas da bacia hidrográfica do Iraí. Boletim Paranaense de Geociências, v. 66-67, p. 41-50, 2012.
17. SOUZA, M. L. P.; ANDREOLI, C. V.; AMARAL, M. B.; DOMASZAK, S. C. Levantamento preliminar dos teores de metais pesados em alguns solos do Paraná. Revista Sanare, Curitiba, v.5, n.5, p. 68- 75, 1996.