

## Eixo Temático ET-01-003 - Gestão Ambiental

**MONITORAMENTO AMBIENTAL DO PROJETO DE ENCAPSULAMENTO DE RESÍDUOS NA RODOVIA BR-448/RS**

Adriano Peixoto Panazzolo<sup>1</sup>; Catarina Muñoz<sup>2</sup>; Chaiana Teixeira da Silva<sup>3</sup>; Leticia Coradini Frantz<sup>4</sup>; Luis Adriel Pereira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Civil, Serviços Técnicos de Engenharia S.A. E-mail: adriano@stesa.com.br; <sup>2</sup>Engenheira Civil, DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. E-mail: catarina.munoz@dnit.gov.br; <sup>3</sup>Geógrafa, Serviços Técnicos de Engenharia S.A. E-mail: chaiana@stesa.com.br; <sup>4</sup>Engenheira Civil, Serviços Técnicos de Engenharia S.A. E-mail: leticia@stesa.com.br; Engenheiro Ambiental, Serviços Técnicos de Engenharia S.A. E-mail: luis.adriel@stesa.com.br

**INTRODUÇÃO**

A construção da BR-448/RS, Rodovia do Parque, trata-se de uma importante obra rodoviária realizada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que visa a implementar a malha viária da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) como alternativa para amenizar o intenso fluxo de veículos na BR-116. O empreendimento abrange os municípios de Sapucaia do Sul, Esteio, Canoas e Porto Alegre, com extensão de aproximadamente 22,3 km.

O traçado projetado para a implantação da Rodovia interceptou uma comunidade do município de Canoas formada por 599 famílias, conhecida como Vila do Dique. Estas famílias viviam em situação de risco, desprovidos de saneamento e qualidade de vida, fazendo uso da coleta, separação e venda de resíduos sólidos urbanos (RSU) como principal meio de subsistência.

Os materiais rejeitados no processo de separação dos resíduos sólidos eram depositados a céu aberto sem qualquer medida de controle, em cursos hídricos locais e em Áreas de Proteção Ambiental (APP), originando vários focos de poluição.

Foram realizadas amostragens para caracterização desses resíduos, as quais apresentaram predominância de resíduos plásticos (40%), misturados a fração pouco representativa de matéria orgânica (4,7%) e elevado percentual de solo (55,3%).

A partir desses resultados e, após a análise de diferentes alternativas para a disposição final desses resíduos, a construção de células de encapsulamento incorporadas às bermas de equilíbrio da Rodovia foi a que se apresentou mais viável. A alternativa foi apresentada ao órgão ambiental do Estado (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM) na forma de projeto, denominado Projeto de Encapsulamento dos Resíduos Classe II-A, o qual foi licenciado pelo referido órgão.

A concepção do projeto constituiu-se em duas fases, sendo a primeira referente à construção de três células alocadas na faixa de domínio da Rodovia: Célula 01 (120m de extensão), Célula 02 (700m) e a Célula 03 (160m), etapa esta realizada pelas próprias construtoras envolvidas na execução da Rodovia. A segunda, ao monitoramento da qualidade das águas subterrâneas realizado pela equipe de Supervisão Ambiental da Rodovia, de modo a verificar possíveis alterações na qualidade das águas subterrâneas decorrentes da execução das células.

Para o monitoramento das águas subterrâneas fez-se necessária a instalação de cinco poços piezométricos, sendo um à montante e quatro à jusante das células 02 e 03.

Para a célula 01 utilizou-se o poço já instalado situado à jusante desta, e que vinha sendo utilizado no Programa de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea da BR-448.

O monitoramento teve início em dezembro de 2013 e, de acordo com o projeto, deverá ser realizado por 12 meses, sendo que após este período, desde que não haja alteração significativa em três campanhas de análise consecutivas de amostragem que possa ter sido ocasionada pela disposição dos resíduos, o monitoramento poderá ser finalizado.

Assim, o estudo ora apresentado refere-se aos resultados parciais do monitoramento da qualidade da água subterrânea que vem sendo realizado em relação à execução do Projeto de Encapsulamento dos resíduos removidos das áreas desapropriadas da BR-448.

## **METODOLOGIA**

### **Concepção e Execução do Projeto**

Para remediar as áreas degradadas foi realizada a remoção dos RSU acumulados ao longo do traçado da Rodovia, armazenando-os temporariamente na faixa de domínio para posterior disposição final nas células.

A localização das células foi definida em função da topografia local e do greide do aterro da Rodovia, considerando ainda a proximidade dos pontos de remoção dos resíduos. Na Figura 1 pode-se visualizar a localização das células.

Outro aspecto fundamental na escolha da alternativa foi o de alocar as células entre o aterro da Rodovia e o dique existente para contenção das cheias do Rio dos Sinos, mantendo o passivo confinado na faixa de domínio, e proporcionando a estabilidade geotécnica do maciço de resíduos.

### **Métodos Construtivos**

Quanto aos métodos adotados para a construção das células, estes configuram constituintes comumente utilizados em projetos de aterros sanitários, os quais são detalhados a seguir.

***Impermeabilização da base:*** para a impermeabilização da base e do talude esquerdo das células (dique existente) foi utilizada uma camada de solo argiloso compactado com espessura de 50 cm e coeficiente de permeabilidade inferior a  $10^{-7}$  cm.s<sup>-1</sup>. O lado direito das células foi isolado pelo próprio aterro da Rodovia.

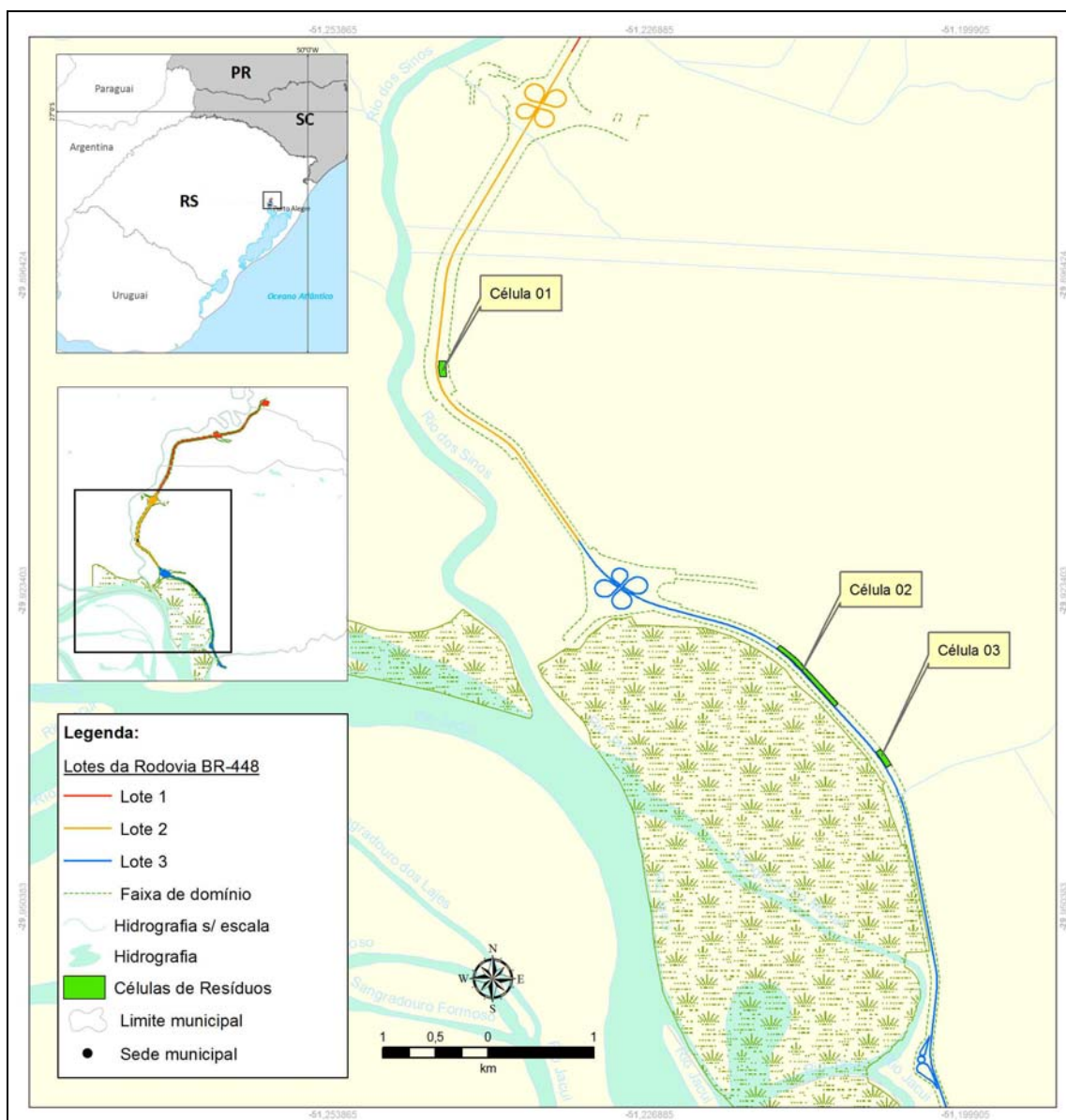
***Disposição e Compactação dos Resíduos:*** após a preparação da base da célula foi realizada a disposição final e espalhamento dos resíduos com o uso de trator esteira e escavadeira hidráulica. Foram realizadas de três a seis passadas sucessivas com os equipamentos de modo a buscar o adensamento do maciço.

***Conformação da Cobertura Final:*** a cobertura final das células foi constituída das seguintes partes:

- Camada drenante e instalação de drenos de gases: para possibilitar a drenagem de gases foi utilizada uma camada de areia na cobertura dos resíduos, funcionando também como proteção mecânica para a geomembrana. Já os drenos de gases foram utilizados não apenas para drenar biogás, possivelmente gerados com o passar do tempo, embora não fossem esperados em função da

composição apresentada pelos resíduos, mas também para o alívio de pressões decorrentes do processo de adensamento natural do maciço.

- Instalação de Geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) de 1,0mm: a utilização do PEAD de 1,0mm sobre a camada de areia foi realizada considerando-se a necessidade de evitar a entrada de águas pluviais no sistema e, assim, não gerar percolado.
- Camada de solo compactado: sobre a geomembrana foi colocado uma camada de 30 cm de solo para proteção da manta e fixação da vegetação de cobertura final.
- Plantio de gramíneas: para a cobertura final das células foram colocadas leivas de gramíneas de modo a evitar o carreamento de partículas de solo com as chuvas e incorporar as células ao paisagismo da rodovia.



**Figura 1.** Localização das Células. Fonte: Autores do trabalho.

### Isolamento da área

Foi realizado o cercamento do entorno das células de modo a delimitar a faixa de domínio da Rodovia e coibir a entrada de pessoas e animais.

Na Figura 2 pode ser visualizada a concepção de projeto adotada para a disposição final dos resíduos sólidos.



**Figura 2.** Representação Gráfica do Projeto das Células. Fonte: Autores do trabalho

A seguir é apresentado o registro fotográfico referente à execução da Célula 02 (célula de maior extensão), compreendido entre a Foto 1 e a Foto 12.



**Foto 1.** Compactação da base da célula.



**Foto 2.** Disposição dos resíduos na célula.



**Foto 3.** Adensamento dos resíduos com trator esteira.



**Foto 4.** Resíduos dispostos na célula.



**Foto 5.** Camada de areia sobre os resíduos.



**Foto 6.** Instalação da geomembrana de PEAD.



**Foto 7.** Instalação dos drenos de gás.



**Foto 8.** Drenos instalados.



**Foto 9.** Componentes da cobertura final da célula.



**Foto 10.** Célula após execução da cobertura final.



**Foto 11.** Vista geral da célula antes do cercamento.



**Foto 12.** Vista geral da célula após cercamento.

No caso do passivo da BR-448, as amostragens que foram realizadas para a caracterização dos resíduos indicaram um percentual pouco significativo de material orgânico, não sendo prevista a formação de líquidos percolados e geração de biogás. Por isso, o projeto não considerou a execução de sistema de drenagem de líquidos, priorizando a cobertura superior dos resíduos com a utilização de geomembrana de PEAD para evitar a entrada de águas pluviais, minimizando a geração de percolado.

Ressalta-se que a cota final da superfície das células ficou abaixo da Rodovia, com declividade de 3%, de modo a facilitar a drenagem e reduzir o acúmulo de águas pluviais. A imagem a seguir apresenta a foto aérea realizada após encerramento da célula.



**Foto 13.** Célula 02 após execução da cobertura final. Lado esquerdo da Rodovia BR-448. Fonte: Autores do trabalho

### Monitoramento Ambiental

#### Localização e Instalação dos Poços

As informações referentes à localização dos poços piezométricos utilizados no monitoramento da qualidade das águas subterrâneas das células estão apresentadas no Quadro 1 e Figura 3 na sequência.

**Quadro 1.** Dados dos poços piezométricos utilizados no monitoramento.

Cód. Poço	Localização	Coordenadas UTM (SAD-69)	
		X	Y
PBRJ3	Célula 01 Jusante Lado direito da Rodovia (km 12+600)	476346,000	6691565,000
P1M	Célula 02 Montante Lado esquerdo da Rodovia (km 16+440)	479177,975	6689217,281
P2J	Célula 02 Jusante Lado direito da Rodovia (km 16+740)	479376,011	6688968,888
P3J	Célula 02 Jusante Lado direito da Rodovia (km 17+140)	479607,715	6688671,355
P4J	Célula 03 Jusante Lado direito da Rodovia (km 17+780)	479995,330	6688181,960
P5J	Célula 03 Jusante Lado direito da Rodovia (km 17+920)	480101,532	6687997,878

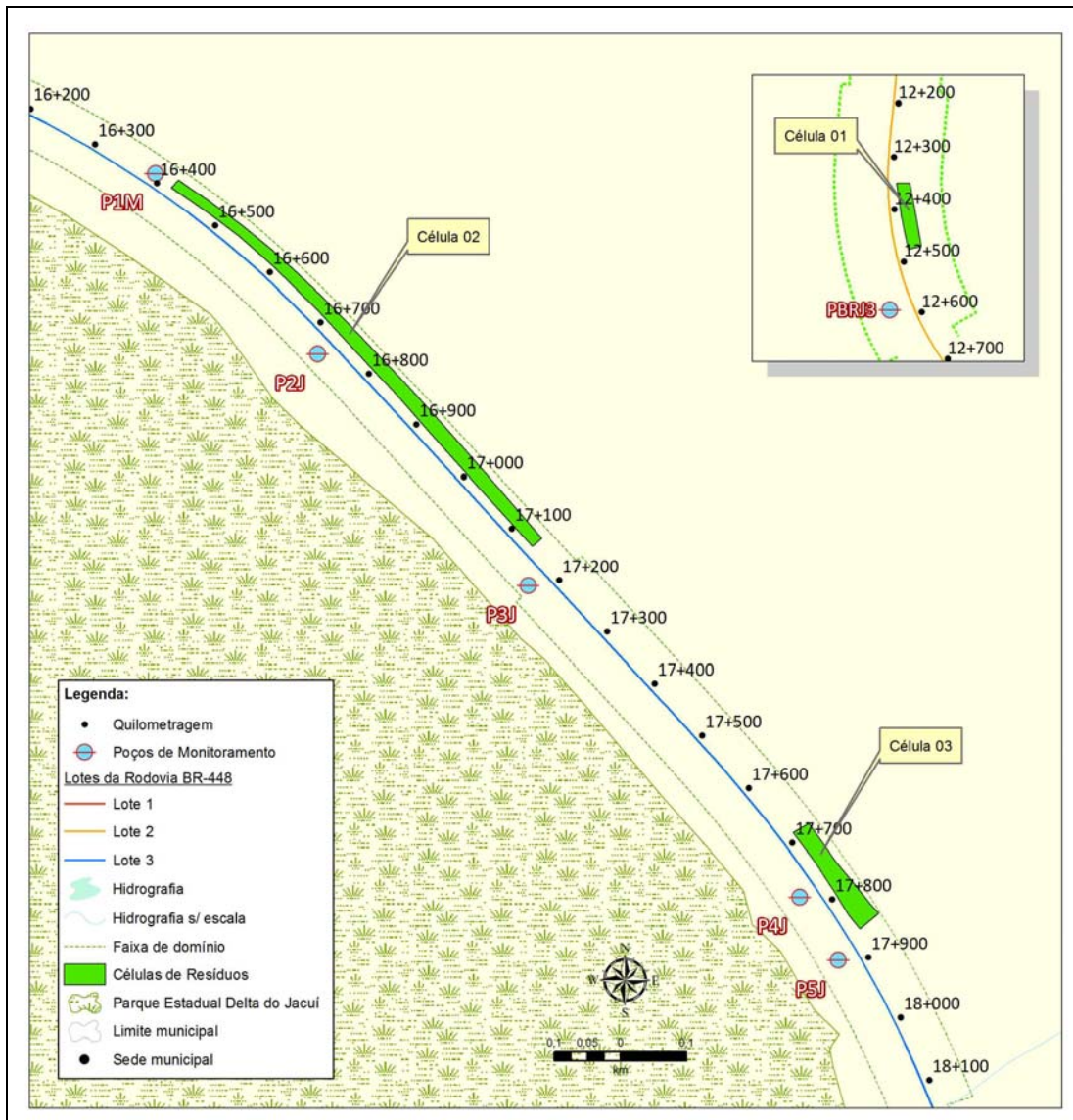


Figura 3. Localização dos poços piezométricos utilizados no monitoramento

## MATERIAIS E MÉTODOS

### • Instalação dos poços

Os cinco poços piezométricos foram instalados atendendo a norma da ABNT NBR 15.495-1/2007 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares. Parte 1: Projeto e construção.



Foto 14. Instalação do poço de monitoramento P1M.



Foto 15. Perfuração do poço de monitoramento P2J.



Foto 16. Poço P1M após instalação.

- **Parâmetros Monitorados**

Para a seleção dos parâmetros monitorados foram consideradas as possíveis fontes de contaminação, bem como aqueles mais sensíveis a alterações por contaminação de lixiviados de resíduos sólidos urbanos ou similares. Os parâmetros analisados são: Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Alcalinidade, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pH, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos Totais, Cloretos e Coliformes Termotolerantes.

- **Procedimento de Coleta das Amostras**

De acordo com a norma NBR 15.847/2010, a água estagnada no interior do poço de monitoramento pode apresentar alterações em sua composição química, provocadas pela sua interação com o ar atmosférico contido no poço. Por isso, os poços utilizados para monitorar a qualidade de águas subterrâneas foram purgados (esgotados) antes das coletas de amostras, de forma a aguardar a recuperação do nível estático local.

Seguindo os preceitos da referida norma, os procedimentos de coleta de amostras em cada campanha foram realizados em duas etapas. A primeira envolveu o esgotamento dos poços executado 24h antes das amostragens para a renovação da água, utilizado-se amostrador/bailer descartável, e a segunda, consistiu na amostragem propriamente dita, também executada utilizando-se bailers.

Os parâmetros Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), pH e Condutividade Elétrica (CE) foram verificados in loco, fazendo-se uso de sonda multiparamétrica YSI 556 MPS (Multi Probe System). As amostras coletadas para análise dos demais parâmetros foram hermeticamente fechadas, etiquetadas e mantidas em caixa térmica até serem enviadas para o laboratório.



Foto 17. Esgotamento dos Poços.



Foto 18. Coleta de amostras.



Foto 19. Análise com sonda multiparamétrica

- **Acondicionamento, Preservação das Amostras e Transporte**

Ao preparar as amostras para transporte, foram considerados os seguintes procedimentos: (i) frascos acondicionados em caixa com gelo, de tal modo que ficassem firmes durante o transporte; (ii) Amostras acondicionadas e preservadas adequadamente, enviadas ao laboratório para análise dentro dos prazos máximos permitidos para cada parâmetro.

- **Procedimentos de Laboratório**

Os ensaios foram realizados conforme as metodologias descritas no “*Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*” - AWWA/APHA/WEF. Métodos USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, Normalizações Técnicas CETESB e ABNT. Para garantir a qualidade, selecionou-se laboratório reconhecidamente capacitado, que dispõe de sistemas consolidados de gestão de qualidade, considerando, principalmente, os padrões de calibração de equipamentos e a



metodologia de trabalho definidos e integrados ao sistema INMETRO e cadastrado na FEPAM.

O laboratório realizou as análises conforme as rotinas estabelecidas, emitindo o laudo de análise. No Quadro 2 é apresentado um resumo dos métodos de preservação para cada parâmetro, volume de amostra e tempo para análise.

**Quadro 2.** Parâmetros e informações sobre os métodos analíticos de laboratório.

Parâmetro	Frasco	Vol. Mín. (mL)	Preservação	Tempo máximo para estocagem regular
Temperatura	P, V	-	Analisar imediatamente	Análise imediata
Cloretos	P, V	250	Refrigerar a 4±2°C	28 dias
Oxigênio Dissolvido (OD)	Vidro boca estreita e tampa esmerilhada	300	2 mL de sulfato manganoso e 2 mL de reagente álcali-iodeto azida	Análise imediata
Alcalinidade Total	P, V	100	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas. Tolerável 14 dias
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> )	P, V	1000	Refrigerar a 4±2°C	Recomendável 24 horas. Tolerável 7 dias
Potencial Hidrogeniônico (pH)	PV	100	Analisar imediatamente	Análise imediata
Condutividade Elétrica (CE)	P, V	500	Refrigerar a 4±2°C	Análise imediata
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	P, V	1000	Refrigerar a 4±2°C	7 dias
Sólidos Totais (ST)	P, V	1000	Refrigerar a 4±2°C	7 dias
Coliformes Termotolerantes	V(E), P(E)	100	Refrigerar	24 horas

Fontes: EIA, 2008; 21ª Edição do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (2005). P = Plástico (polietileno); V = Vidro; V(E) ou P(E) = Frascos esterilizados.

### Análise dos Dados

A análise dos resultados foi realizada comparando-se as concentrações dos parâmetros verificadas ao longo do tempo entre poço de montante e poços de jusante, e também em relação aos limites de referência estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008.

### RESULTADOS

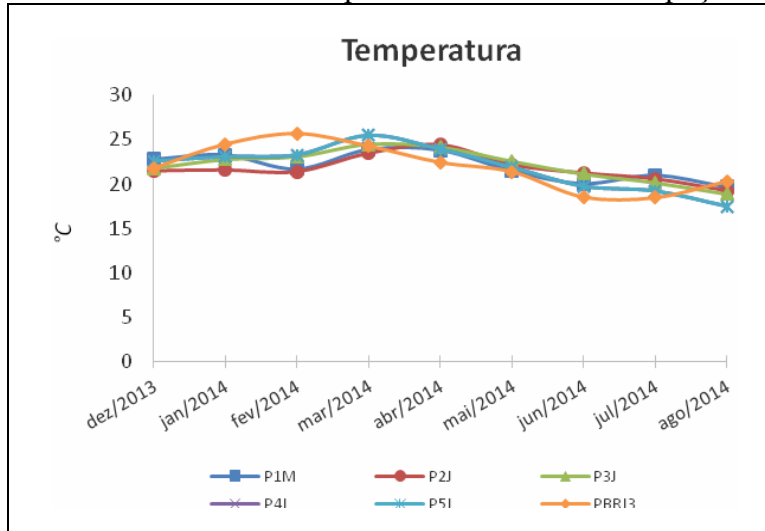
A seguir são apresentados e discutidos os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos obtidos nas campanhas realizadas até o momento.

- **Temperatura**

A temperatura determina vários processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem em um sistema aquático, tais como o metabolismo dos organismos e a degradação da matéria orgânica. Deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido.

Observou-se nos poços analisados mínima variação na média das temperaturas no período analisado, sendo que a campanha realizada em março apresentou as temperaturas mais elevadas e agosto as menores temperaturas (Gráfico 1).

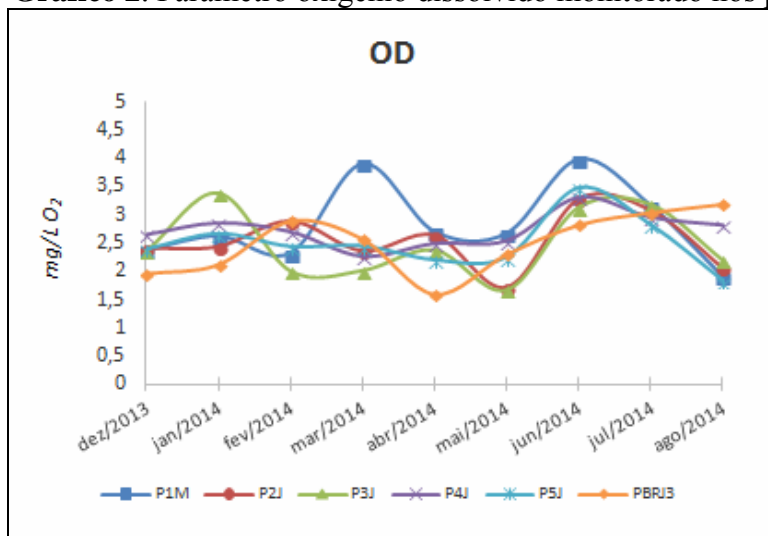
**Gráfico 1.** Parâmetro temperatura monitorado nos poços.



- **Oxigênio Dissolvido (OD)**

A quantidade de OD é inversamente proporcional à temperatura e salinidade, e diretamente proporcional à pressão do meio. O consumo do OD nos ambientes aquáticos pode ocorrer devido ao lançamento de efluentes, sendo a sua medida um importante indicador da qualidade da água. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. De maneira geral, as concentrações de oxigênio nas águas subterrâneas são menores que nas águas superficiais (FEITOSA et. al., 2008).

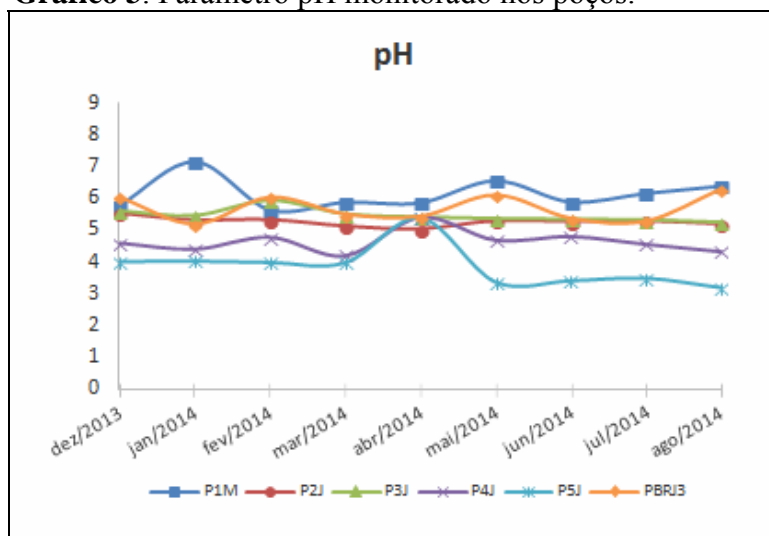
Os resultados obtidos até o momento mostram que as concentrações de oxigênio dissolvido verificadas nos poços de jusante ficaram, na maioria das campanhas realizadas, abaixo do valor verificado no poço P1M, entre 1,5 e 3,5 mg/L, dentro da faixa de variação esperada. No Gráfico a seguir pode-se visualizar os resultados.

**Gráfico 2.** Parâmetro oxigênio dissolvido monitorado nos poços.

- **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O Potencial Hidrogeniônico corresponde à medida da concentração de íons  $H^+$ , indicando a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. Na água quimicamente pura, os íons  $H^+$  estão em equilíbrio com os íons  $OH^-$  e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade (VON SPERLING, 2005). O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5.

Os valores do pH verificados nas campanhas encontram-se dentro dos limites de variação comumente observados em águas subterrâneas, exceto o P5J em que se verifica pH inferior a 4,0, conforme apresentado no Gráfico 3.

**Gráfico 3.** Parâmetro pH monitorado nos poços.

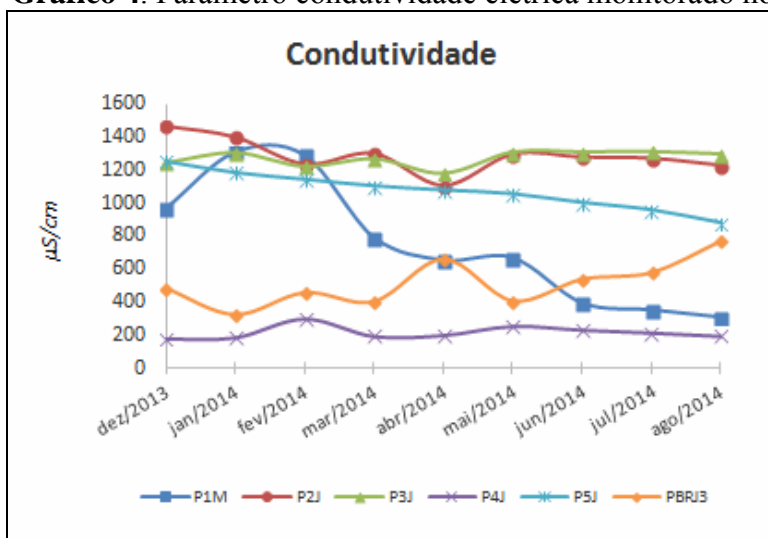
- **Condutividade Elétrica (CE)**

A Condutividade elétrica é a medida da capacidade da água em conduzir a corrente elétrica. A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas e da temperatura. A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece

nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água. Representando uma medida indireta da concentração de poluentes.

Conforme pode ser visualizado no Gráfico 4, as variações da condutividade elétrica verificadas mostram uma uniformidade nos resultados obtidos para os poços de jusante, onde o poço P2J, P3J e P5J apresentaram valores elevados, os quais podem representar as condições naturais destes locais. No poço P4J, no qual a condutividade elétrica mostrou-se significativamente menor, o comportamento é o mesmo observado desde o início do monitoramento. Destaca-se o comportamento observado no poço P1M, no qual a condutividade vem decrescendo nas últimas campanhas.

**Gráfico 4.** Parâmetro condutividade elétrica monitorado nos poços.

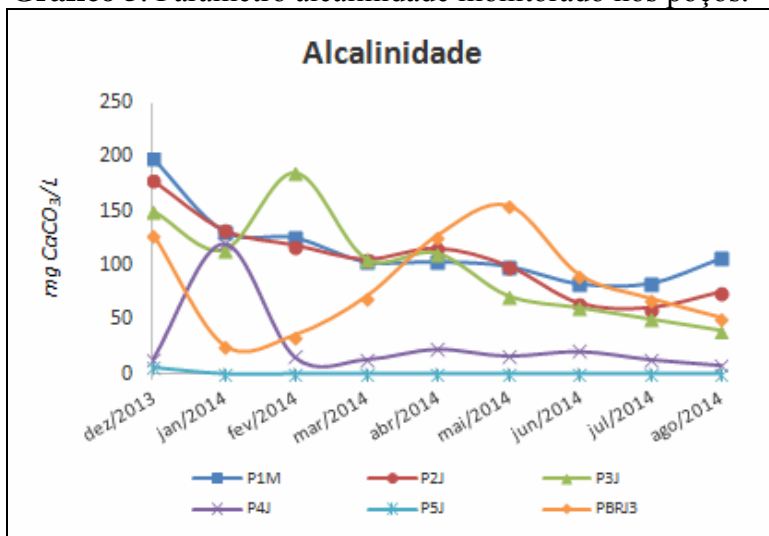


- **Alcalinidade**

A Alcalinidade é um parâmetro que representa a capacidade que um sistema aquoso tem para neutralizar ácidos sem perturbar de forma extrema as atividades biológicas que nele decorrem.

Na maior parte dos ambientes aquáticos a alcalinidade é devida exclusivamente à presença de bicarbonatos. Valores elevados de alcalinidade normalmente estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica e à alta taxa respiratória de microorganismos, com liberação e dissolução do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na água. Águas naturais apresentam valores de alcalinidade entre 30 e 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (VON SPERLING, 2005).

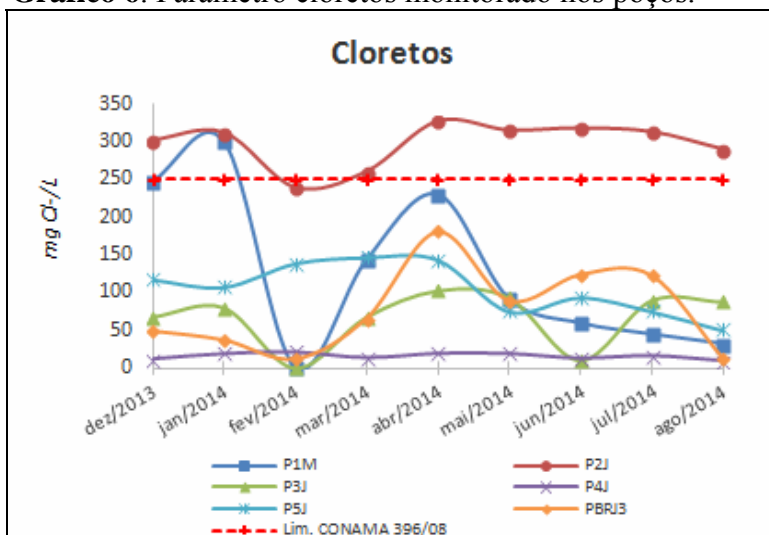
Em geral, observa-se que os valores da Alcalinidade nos poços de jusante vêm decrescendo ao longo do tempo, variando abaixo das concentrações verificadas no início do monitoramento. No poço P5J, após a primeira campanha não se detectou concentração de carbonatos e bicarbonatos (n.d.) (Gráfico 5).

**Gráfico 5.** Parâmetro alcalinidade monitorado nos poços.

- **Cloretos**

O cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$  que se apresenta nas águas subterrâneas através de solos e rochas. O cloreto na forma de  $\text{Cl}^-$  também é um dos principais ânions encontrados nos esgotos domésticos, uma vez que o cloreto de sódio está presente na urina, sendo um importante indicativo da ocorrência ou não de contaminação do aquífero (CARVALHO, 2001).

Dentre os poços de jusante instalados, o poço P2J foi o que apresentou concentração de cloretos mais elevada, e na maioria das campanhas acima do limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 396/2008. Nos demais poços observaram-se variações similares ao longo das campanhas, exceto no poço P4J, no qual a concentração foi constante e representativamente inferior, conforme apresentado no Gráfico 6.

**Gráfico 6.** Parâmetro cloretos monitorado nos poços.

- **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>)**

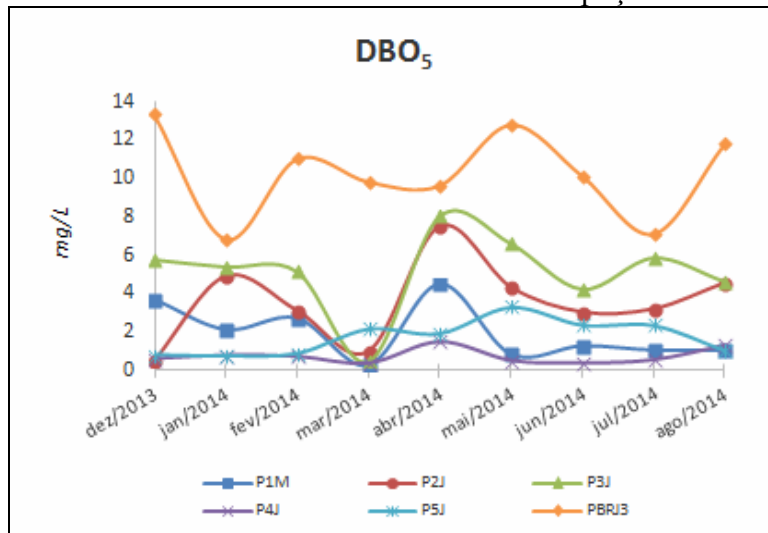
A DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma

inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como  $DBO_{5,20}$  (VON SPERLING, 2005). Segundo Feitosa et. al. (2008), geralmente nas águas subterrâneas a  $DBO_5$  é inferior a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  de oxigênio, sendo que valores superiores a esse indicam contaminação.

De modo geral, verificaram-se variações semelhantes da  $DBO_5$  ao longo das campanhas realizadas, sendo que nos poços de jusante P2J e P3J as concentrações obtidas foram as mais elevadas. Isto provavelmente pode estar relacionado com a presença de animais verificada pastando próximo aos poços, situação esta frequentemente observada.

As concentrações verificadas no poço PBRJ3 foram as mais elevadas, seguindo a tendência observada desde o início do monitoramento, resultado das precárias instalações sanitárias das moradias situadas no entorno. Estes resultados são apresentados no Gráfico 7.

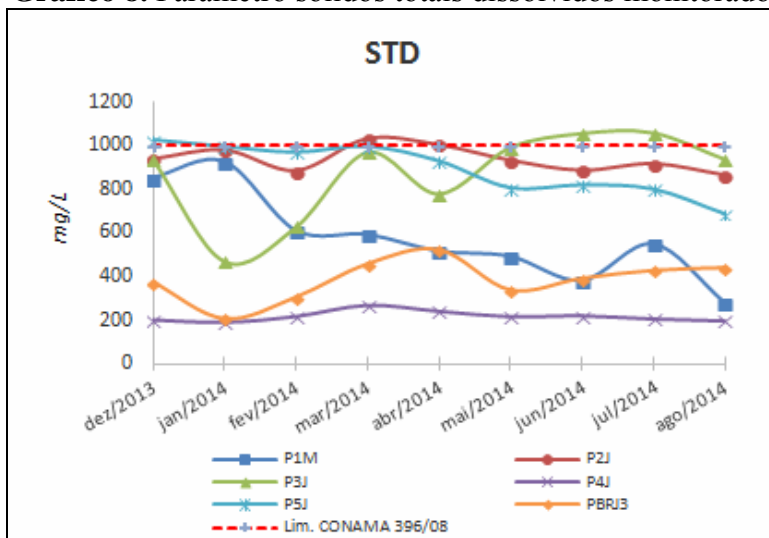
**Gráfico 7.** Parâmetro DBO monitorado nos poços.



- **Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)**

O parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais incluem os colóides e os efetivamente dissolvidos, e correspondem à soma da fração de sólidos fixos e voláteis (VON SPERLING, 2005).

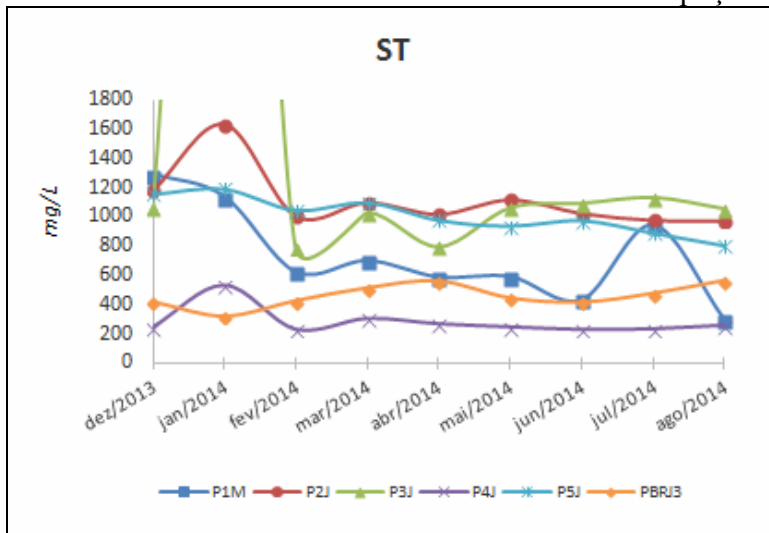
As concentrações de SDT obtidas nos poços de jusante foram similares ao longo do monitoramento realizado, sendo que os poços P2J e P3J apresentaram em algumas campanhas valores superiores ao limite estabelecido na Resolução CONAMA nº 396/2008. No poço P4J verificou-se as menores concentrações do parâmetro, comportamento similar desde o início do monitoramento, conforme apresentado no Gráfico 7.

**Gráfico 8.** Parâmetro sólidos totais dissolvidos monitorado nos poços.

- **Sólidos Totais (ST)**

Toda matéria, exceto a água contida em líquidos é classificada como material sólido. A definição usual de sólidos, entretanto, refere-se à matéria que fica como resíduo após evaporação e secagem a 103° C (VON SPERLING, 2005).

As concentrações de ST verificadas nos poços P2J, P3J e P5J foram as mais elevadas nas campanhas de monitoramento realizadas até o momento, enquanto que o poço P4J, assim como já observado nos demais parâmetros, apresentou as menores concentrações. Destaca-se que no poço P1M, localizado a montante do sistema, as concentrações decresceram ao longo do tempo (Gráfico 9).

**Gráfico 9.** Parâmetro sólidos totais monitorado nos poços.

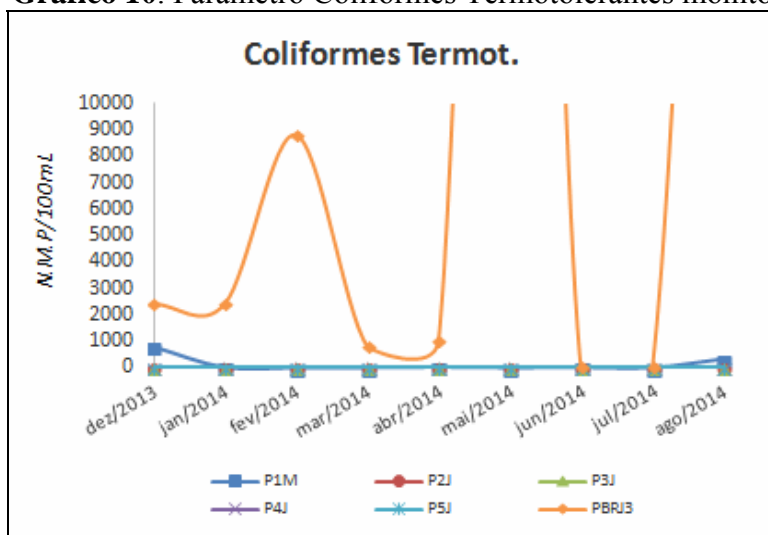
\*Valor obtido na campanha de jan/2014 acima da escala gráfica representada.

- **Coliformes Termotolerantes**

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes totais que fermentam a lactose com produção de gás a 44,5 °C. A presença de coliformes termotolerantes determina a origem fecal da contaminação, indicando risco da presença de outros microrganismos patogênicos (VON SPERLING, 2005).

Os resultados obtidos nas campanhas apresentam a mesma tendência observada no início do monitoramento, com valores inferiores tanto nos poços de jusante quanto no poço de montante. O poço PBRJ3 apresentou valores de coliformes significativamente superiores, entretanto, dentro da faixa de variação observada nas campanhas realizadas para o monitoramento da BR-448. No Gráfico 10 são apresentados os resultados obtidos até o momento.

**Gráfico 10.** Parâmetro Coliformes Termotolerantes monitorado nos poços.



\*Valores obtidos nas campanhas de mai/2014 e ago/2014 estão acima da escala gráfica representada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constata-se que a execução das etapas construtivas das células atenderam satisfatoriamente aos preceitos técnicos aprovados pelo órgão ambiental, bem como às condicionantes estabelecidas na Autorização Geral nº 342/2013.

Os resultados do monitoramento que vem sendo realizado não permitem inferir se as concentrações dos parâmetros analisados nos poços piezométricos indicam a ocorrência de alterações significativas na qualidade das águas subterrâneas que possam ser decorrentes da execução do Projeto.

A continuidade do monitoramento bem como a aplicação de ferramentas estatísticas possibilitará analisar se as tendências observadas irão se repetir nas amostragens subsequentes, ou se representam variações normais destes locais.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A. L. **Contaminação de águas subsuperficiais em área de disposição de resíduos sólidos urbanos: o caso do antigo lixão de Viçosa (MG)**. 2001. 122 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- FEITOSA, F. A. C. et al. **Hidrogeologia, conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008. 812 p.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). Autorização Geral n. 392/2012-DL. 2012.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). Autorização Geral n. 342/2013-DL. 2013.
- SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. (STE). Projeto de Encapsulamento dos Resíduos Classe II-A. PP 15 – 34. 2012.



VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.