

MEDIDAS DE INTERVENÇÃO PARA A REMEDIAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA POR DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM UM MUNICÍPIO DA SERRA GAÚCHA – RS

Verônica Casagrande^{1}; Vania Elisabete Schneider²; Juliano Rodrigues Gimenez³*

Resumo - O presente trabalho objetiva identificar medidas mitigatórias para os impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos, em uma área de um município do estado do Rio Grande do Sul, localizada a menos de 200 metros do recurso hídrico utilizado para o abastecimento público. Para a proposição das medidas de intervenção, analisou-se a caracterização da área (potencialidades e fragilidades ambientais), as legislações e normativas ambientais vigentes, da mesma forma que as tecnologias atualmente disponíveis para tal fim. Priorizou-se a escolha de técnicas de fácil aplicabilidade e baixo custo, visando às viabilidades técnica, econômica e ambiental. Como resultado deste estudo, tem-se a indicação da implantação de um sistema de drenagem e uma trincheira de infiltração, para a redução do volume de escoamento superficial e também para que seja evitado o processo de assoreamento do recurso hídrico, e de um banhado construído (*wetland*), para o tratamento do volume de lixiviados ainda gerados no local. De acordo com os resultados obtidos no dimensionamento das estruturas propostas, foi possível verificar, com base em referenciais bibliográficos, que a aplicação das propostas deste trabalho atenua os passivos ambientais, reduzindo a carga poluidora lançada no recurso hídrico utilizado para o abastecimento humano.

Palavras-Chave – Resíduos sólidos; Qualidade da água; Área degradada.

INTERVENTION MEASURES TO REMEDY A DEGRADED AREA DUE TO IMPROPER DISPOSAL OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN A MUNICIPALITY OF SERRA GAÚCHA – RS

Abstract – This study aims to identify mitigation measures for the environmental impacts arising improper disposal of solid waste in an area of a municipality in the state of Rio Grande do Sul, located less than 200 meters from the water source used for public supply. To the proposition of intervention measures, the characteristics of the area (environmental strengths and weaknesses), environmental laws and regulations in force in the same way that the technologies currently available for this purpose. Prioritized the choice of techniques easy to apply and low cost, targeting the technical feasibility, economic and environmental was analyzed. As a result of this study, there has been an indication of deploying a drainage system and a trench infiltration to reduce the volume of runoff and also to be avoided by the process of sedimentation of the water resource, and a wetland, for treatment of leachate volume generated yet in place. According to the results obtained in the design of the proposed structures, on the basis of bibliographical references, the application

¹ Afiliação: Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM / Universidade de Caxias do Sul – UCS. vecasagrande@hotmail.com.

² Afiliação: Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM / Universidade de Caxias do Sul – UCS. veschnei@ucs.br.

³ Afiliação: Instituto de Saneamento Ambiental – ISAM / Universidade de Caxias do Sul – UCS. juliano.gimenez@ucs.br.

of this proposed work reduces environmental liabilities, reducing the pollution load released in water resources used for human supply.

Keywords – Solid waste, Water quality, Degraded Area.

INTRODUÇÃO

O atual excesso de consumo, a rápida obsolescência dos produtos e a grande diversidade de materiais que entram no mercado diariamente, causam um aumento na demanda por soluções ambientalmente adequadas na destinação dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Estes fatores, aliados à falta de comprometimento da população para com as ações de segregação, e do poder público com a gestão e a disponibilidade de locais para a destinação final correta destes resíduos, geram impactos ambientais que também trazem riscos à saúde humana.

Dentre os itens avaliados na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada periodicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, destaca-se o item relativo à situação atual da destinação dos RSU coletados no Brasil. Como resultado, tem-se o aterro controlado com 37% da representatividade no país e o aterro sanitário com 36,2 %, sendo considerado pela NBR 8419 (ABNT, 1992) como uma técnica de disposição de RSU que não causa danos à saúde pública e ambiental. A terceira destinação com maior representatividade consiste nos vazadouros a céu aberto, também conhecidos como lixões, com 21,3%, os quais não possuem estruturas que minimizem os impactos ambientais causados pelos processos de decomposição destes resíduos.

A contínua geração de chorume, definido por Gomes (1995, apud REICHERT, 2007) como o líquido resultante da atividade hidrolítica microbiana na degradação dos resíduos, que resulta em um aumento no volume de lixiviados gerados, e a formação de gases, também resultantes da degradação, compostos principalmente por metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂), aliada à falta de operação em um aterro sanitário, expõe os passivos ambientais diretamente ao meio ambiente, causando a alteração na qualidade das águas superficiais e subterrâneas, do solo e do ar, além de instabilidades no terreno, o que caracteriza a área, de acordo com as definições da CETESB (1999), como degradada.

Segundo FEAM (2010), diversos episódios de contaminação de solos e águas subterrâneas são atribuídos aos depósitos de resíduos, até mesmo onde foram implantadas medidas de controle para os gases e lixiviados, visto que o passivo continua ativo enquanto houver atividade biológica no interior do maciço de resíduos.

Dentro do contexto apresentado, este trabalho visa identificar e propor medidas mitigatórias para os impactos ambientais provenientes da disposição inadequada de RSU, em uma área degradada localizada em um município da serra do estado do Rio Grande do Sul. No decorrer da apresentação do estudo será descrita a caracterização da área, com destaque para as fragilidades ambientais, e as medidas de intervenção para a remediação da área.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

No ano de 1993 foi iniciada uma obra de implantação de um aterro sanitário em um município da Serra Gaúcha. A área foi utilizada como depósito de resíduos durante nove anos, sendo que após este período, já sem operação, a obra do aterro foi embargada, devido a evidências de degradação ambiental e possibilidade de riscos à saúde humana. Considera-se ainda, que no ano de 2007 foi realizado um projeto de remediação na área, o qual contempla estruturas, que, de acordo com as constatações da vistoria técnica, não atende aos passivos ambientais ainda ativos no local. A

partir disso, avaliou-se a situação atual do local, considerando as características ambientais particulares da área.

A área estudada abrange três hectares do território municipal e localiza-se na zona rural de um município da Serra Gaúcha, afastada aproximadamente 5 km da zona urbana e cerca de 180 metros do recurso hídrico em estudo, rio Burati (Figura 1).

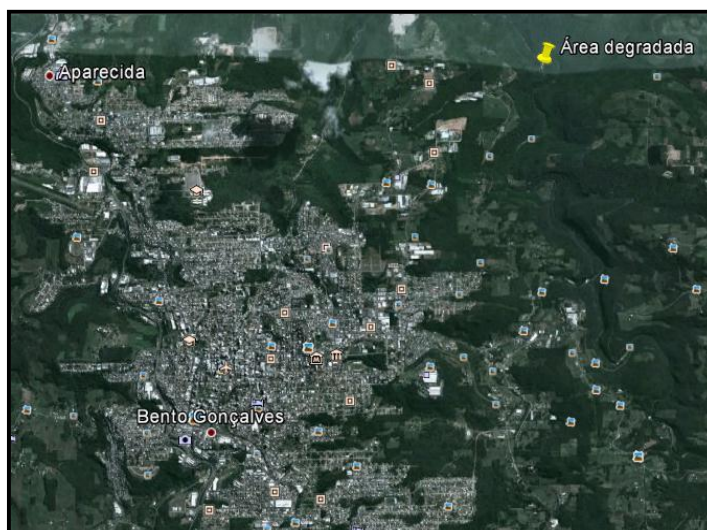


Figura 1 - Localização da área degradada no município, em relação à zona urbana
Fonte: GOOGLE EARTH (2012)

De acordo com as recomendações da NBR 13.896 (ABNT, 1997), deve ser considerada a possível influência de um aterro sanitário na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. A norma indica que o aterro deve estar localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer coleção hídrica ou curso de água. Entretanto, a distância entre o local de estudo e o recurso hídrico mais próximo é de, conforme já citado anteriormente, aproximadamente 180 metros, tornando inadequado para tal uso.

Segundo ENCOPI (2009), o divisor de águas das sub-bacias do rio Burati e do arroio Pedrinho, ambas contribuintes da bacia hidrográfica Taquari-Antas, encontra-se na zona urbana do município, havendo ainda, a presença de diversos riachos e arroios perenes de pequeno porte, que drenam para estas duas bacias.

Na Tabela 1 são apresentados os dados de contribuição das quatro sub-bacias mais representativas em relação à área total do município.

Tabela 1 - Áreas e representatividades das bacias hidrográficas

Sub-bacias hidrográficas	Área da sub-bacia (km ²)	Representatividade da área (%)
Burati	124,3	32,54
Pedrinho	107,56	28,16
Trecho Antas 1	40,6	10,63
Trecho Antas 2	64,84	16,97
SUBTOTAL	337,4	88,3

Fonte: Adaptado de ENCOPI (2009)

Considerando os dados apresentados na Tabela 1, têm-se duas sub-bacias de maior representatividade no município, as bacias Burati e Pedrinho. ENCOPI (2009) destaca que os usos da água na bacia Burati, onde está localizada a área em processo de degradação, caracterizam-se pelo abastecimento para consumo humano, tanto para a área urbana como para a rural e em menor quantidade, mas com ocorrência significativa, podem ser citados os usos para abastecimento industrial e dessedentação de animais, com captação independente da rede pública.

Com relação aos usos do solo na sub-bacia Burati, verificou-se a ocorrência de produção de hortifrutigranjeiros e fruticultura, da qual é possível destacar a produção de uvas e de pêssegos em maior escala.

Dentre os demais aspectos ambientais analisados, e que podem interferir na qualidade da água do recurso hídrico através da dispersão dos passivos ambientais gerados no aterro, tem-se a geomorfologia e pedologia. A análise destes elementos permite identificar as fragilidades locais para impactos, disponibilizando subsídios para a definição da técnica de remediação a ser aplicada, de forma a possibilitar que a mesma seja compatível com a realidade ambiental local.

O relevo do município caracteriza-se como suave ondulado até montanhoso, com altitudes variando de 440 a 645 metros em relação ao nível do mar. Em toda área territorial do município observa-se grande variação altimétrica, sendo que as faixas de 80 a 400 metros ocorrem junto ao rio das Antas, arroio Pedrinho e alguns de seus afluentes, e ao longo do canal principal do rio Burati, arroios Barracão e Alencastro.

A área em questão situa-se em um local onde há variação de altitude entre 480 e 640 metros, sendo perceptível que trata-se de uma variação altimétrica que possibilita acentuadas variações de declividade. Cabe destacar que estas variações de declividade tornaram-se mais acentuadas com as ações de remediação realizadas no ano de 2007, as quais resultaram no aterramento da massa de resíduos com grandes quantidades de solo e material rochoso de forma irregular.

De acordo com Flores (2007), no local há ocorrência de solo do tipo RLe 2, relativo à associação dos seguintes solos: Neossolo Litólico Eutrófico típico A moderado, de textura média, fase pedregosa e rochosa, em relevo montanhoso; e Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico A moderado, de textura argilosa, fase pedregosa e relevo forte ondulado, com a ocorrência de afloramentos rochosos e relevo escarpado. Com base em estudos de Eltz *et al* (2011) e Fepam (2001), referentes às classes de resistência a impactos ambientais dos diferentes tipos de solo, tem-se, para os solos do tipo Neossolo Litólico Eutrófico, a Classe D, o que significa uma resistência a impactos ambientais muito baixa; enquanto que para o Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico, a classe B, que reflete a resistência média a impactos.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse estudo, O presente trabalho foi elaborado a partir da constatação da presença desta área em um município da Serra Gaúcha, visto a necessidade de regularização de áreas degradadas, conforme legislação vigente.

A constatação de intervenção na área baseou-se em legislações, normas e resoluções ambientais vigentes, as quais dispõem de diretrizes para a regularização de áreas degradadas. Dentre os instrumentos legais, normativos e resolutivos utilizados, destacam-se: Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010); Lei Federal nº 9.605 (BRASIL, 1998); Decreto Federal nº 6.514 (BRASIL, 2008); Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997); Lei Federal nº 7.347 (BRASIL, 1985); Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007); CONAMA nº 237 (BRASIL, 1997); CONAMA nº 420 (BRASIL, 2009).

A partir dos fundamentos legais, buscou-se caracterizar a área, no sentido de identificar as fragilidades ambientais locais, a partir de estudos e referenciais bibliográficos referentes a aspectos pedológicos, geomorfológicos e hidrográficos. A partir disso, foi realizada uma vistoria técnica em campo, com o intuito de identificar a situação do local, visto que após o fechamento da área para o recebimento de resíduos, foi executado um projeto de remediação no local. Como resultado deste levantamento de informações e da análise de tais dados, foi possível identificar as tecnologias disponíveis atualmente para aplicação em áreas com características similares. A partir da escolha das tecnologias, que priorizou técnicas de fácil aplicabilidade e baixo custo, foram dimensionadas estruturas para a redução do volume de escoamento superficial e para o tratamento do volume de lixiviados ainda gerados no local. Os resultados obtidos no dimensionamento das estruturas propostas possibilitou a verificação, através de referenciais bibliográficos, de que a aplicação das medidas atenua os passivos ambientais, reduzindo a carga poluidora lançada no recurso hídrico.

RESULTADOS

A partir da análise dos aspectos ambientais apresentada, propõe-se a implantação de estruturas que objetivam minimizar os impactos negativos causados na qualidade das águas do rio Burati, o qual é utilizado para o abastecimento público no município.

Indica-se a instalação de uma rede de drenagem pluvial com vistas à redução do volume de água infiltrado, proveniente do escoamento superficial. Esta medida acarreta na redução do volume de lixiviados gerado, e conseqüente redução do volume de água contaminada infiltrado no lençol freático, visto que não recomenda-se o selamento superficial da área, devido à presença de vegetação de médio porte presente na superfície do maciço de resíduos.

O dreno principal do sistema de drenagem deverá direcionar a água pluvial para uma trincheira de infiltração. Opta-se por esta alternativa, considerando o possível carreamento de sedimentos no fluxo de escoamento e a proximidade do recurso hídrico. No caso da ausência de uma estrutura para interceptação do escoamento, os sedimentos poderiam causar assoreamento no corpo hídrico receptor.

Na Figura 2 observa-se a micro bacia contribuinte e o perfil do terreno na área estudada, possibilitando a visualização das características da área.

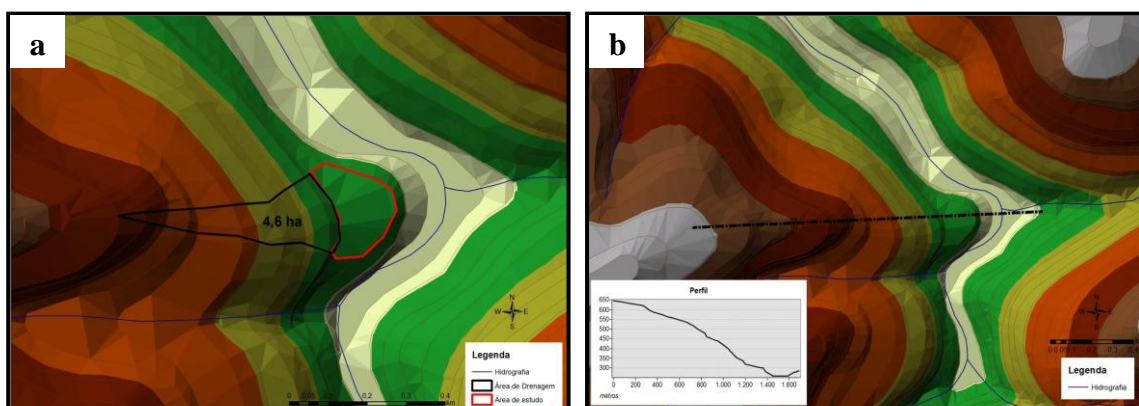


Figura 2 – a) Micro bacia de drenagem contribuinte; b) Perfil do terreno

A trincheira para infiltração tem por objetivo interceptar o excesso de água do escoamento superficial, para que ocorra a infiltração forçada deste volume de água, evitando que este volume seja direcionado diretamente para o recurso hídrico. A trincheira deverá possuir as seguintes dimensões pré-estabelecidas: 40 m de largura, 80 m de comprimento e 1,5 m de profundidade. Esta estrutura deverá ser revestida por uma camada de geotêxtil de 0,05 metros nas interfaces entre o

meio drenante e o solo, para que as partículas de solo não aumentem significativamente a velocidade de colmatção.

Considerando que no local existem duas estruturas escavadas, as quais encontram-se revestidas com geomembrana de PEAD (Figura 3), para a construção da trincheira de infiltração será necessária a remoção deste material e a adequação das dimensões.



Figura 3 - Estruturas a serem utilizadas para a instalação da trincheira de infiltração

Após o preenchimento de uma camada de 1,45 metros de brita, deve-se instalar uma tubulação para a distribuição uniforme da água na trincheira, e em seguida adicionar o restante do preenchimento (0,05 metros de brita número 3). Na sequência, instala-se a manta geotêxtil, com espessura de 0,05 metros e uma camada de 0,1 metros de solo, para posterior semeadura de gramíneas. O projeto desta estrutura deve contemplar uma tubulação de saída direta para o recurso hídrico, para o caso de o volume ultrapassar a capacidade de infiltração deste componente.

Para o tratamento dos lixiviados ainda gerados no local, recomenda-se a implantação de um banhado construído, também conhecido como *wetland*. Esta estrutura deve possuir leito cultivado em fluxo subsuperficial, para que o efluente não permaneça exposto na superfície e seja evitada a proliferação de vetores, cumprindo a função de dar suporte ao crescimento de plantas emergentes. O banhado deve ser composto por uma camada de material impermeabilizante, para evitar a percolação do efluente durante o processo de depuração; uma camada de 70 centímetros de brita número 2 e, para este caso, 4.730 mudas de macrófitas *Typha subulata*. A estrutura deverá ser construída com uma inclinação de fundo de 1 a 3%, conforme indicações de USEPA (2009), visando promover o fluxo da água por gravidade, evitando-se gastos energéticos. Ainda deve ser considerada a instalação de uma tubulação de saída do banhado, para que o efluente depurado possa ser direcionado ao corpo hídrico receptor.

Opta-se por este tipo de tratamento, devido à eficiência na remoção de sólidos suspensos, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e metais dos lixiviados, tendo em vista ainda, o baixo custo deste tratamento, quando comparado a outras técnicas. Cabe destacar que para a aplicação deste tratamento deve ser construída uma estrutura que intercepte o volume de lixiviados gerados no maciço de resíduos, direcionando, através de tubulações, este efluente para o banhado construído.

Com relação aos custos envolvidos na implantação das estruturas apresentadas, os quais abrangem os materiais e serviços, tem-se um total de aproximadamente R\$ 328.000,00. Na Tabela 2 é possível visualizar os custos respectivos a cada estrutura.

Tabela 2 – Estimativa de custos para a implantação das estruturas propostas

ESTRUTURA	CUSTO*
Rede de drenagem pluvial	R\$ 4.067,30
Trincheira de infiltração	R\$ 245.553,00
Banhado construído (<i>wetland</i>)	R\$ 78.049,90
TOTAL	R\$ 327.670,20

*Os valores apresentados são parte de um orçamento realizado no ano de 2012

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos aspectos ambientais que indicam as fragilidades locais e a situação atual da área, pode-se concluir que os recursos hídricos utilizados, principalmente para abastecimento populacional, localizados próximos a este local, são diretamente impactados pelos passivos ambientais gerados no maciço de resíduos. Para a mitigação destes impactos, foram avaliadas as tecnologias de remediação disponíveis, no sentido de apontar técnicas a serem utilizadas *in loco*, com a priorização de ações viáveis técnica, ambiental e economicamente. Dessa forma, propõe-se a implantação de uma rede de drenagem pluvial e uma trincheira de infiltração, estruturas que visam reduzir o volume de água excessivo do escoamento superficial, o qual poderia causar o assoreamento do corpo hídrico receptor; e a construção de um banhado construído, de leito cultivado em fluxo subsuperficial, para a depuração dos lixiviados. O banhado construído tem o intuito de promover a remoção de sólidos suspensos, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e metais do efluente.

A partir disso, constata-se que tanto a carga poluidora presente nos lixiviados, como os sedimentos carregados pelo fluxo do escoamento superficial, não chegam a ser diluídos nas águas do recurso hídrico, evitando que estes causem prejuízos para a qualidade da água. Ainda deve-se considerar que, tendo em vista o conceito de serviços ambientais, ações de remediação podem estar vinculadas aos serviços de preservação ambiental.

Cabe destacar que as medidas mitigatórias propostas neste trabalho abordam apenas a questão da influência da área degradada na qualidade das águas dos recursos hídricos. Visando um projeto de remediação desta área degradada, outras medidas devem ser adotadas para que os impactos ambientais sejam minimizados e a área seja regularizada conforme legislação e normativas vigentes.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira das Normas Técnicas. NBR 8.419: Fixa as condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 13.896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BRASIL. Decreto Federal nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. DOU, Brasília, 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/D6514.htm>. Acesso em: 26 abr. 2013.

_____. Lei Federal nº 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico(VETADO) e dá outras providências. DOU,

Brasília, 1985. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7347Compilada.htm>. Acesso em: 26 abr. 2013.

_____. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **DOU**, Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm>. Acesso em: 26 abr. 2013.

_____. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **DOU**, Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm>. Acesso em: 26 abr. 2013.

_____. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **DOU**, Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 26 abr. 2013.

_____. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **DOU**, Brasília, 2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 26 abr. 2013.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Projeto CETESB – GTZ Cooperação Técnica Brasil – Alemanha.** Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2ª Edição. São Paulo, SP. 1999.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 420, de 30 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. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

ELTZ, F. L. F.; CRUZ, J. C.; NUMMER, A.; CRUZ, R. C.; SILVEIRA, G. L. da; PASCOTINI, P. B. **Análise de Risco de Erosão como Indicador de Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.** In: **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** 2011. Maceió, AL. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/e73c7d707201fd2b559f2b7f86cf9c71_bfa5082de4ca10104662699a15fd9970.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2012.

ENCOP. **Plano de Saneamento do Município de Bento Gonçalves.** 2009.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos.** Belo Horizonte, MG. 2010. Disponível em: <http://www.minassemlixoes.org.br/wp-content/uploads/2010/11/Areas_degradadas1.pdf>. Acesso em: 16 de abril de 2012.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER -. Mapa de classificação dos solos do Estado do Rio Grande do Sul quanto à resistência a impactos ambientais. Porto Alegre: FEPAM, 2001. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/mapa_solos.pdf>. Acesso dia: 18 ago. 2009.

FLORES, C. A. F. (Org.). **Levantamento semidetalhado de solos: Região da Serra Gaúcha – Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS - Centro de Ecologia, 2007. 1 CD ROM.

REICHERT, G. A. **Projeto, Operação e Monitoramento de Aterros Sanitários.** 2007. Material de aula disponibilizado para a disciplina de Gerenciamento de Resíduos Sólidos II. Universidade de Caxias do Sul – UCS. Curso de Engenharia Ambiental, 2010.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. *Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2008.* 2009.