Plano de recuperação de áreas degradadas para aterro sanitário irregular em Novo Hamburgo/RS: um estudo de caso.

Débora Laranjeira[1], André B. Rupollo[2], Daiana R. da Silva[3], Larissa Schemes Heizelmann[4], Rage Weidner Maluf[5]
[1]Universidade Feevale (dezzy_xxi@hotmail.com)
[2]Universidade Feevale (andrerupollo@hotmail.com)
[3]Universidade Feevale (daiarech@live.com)
[4]Universidade Feevale (larissas@feevale.br)
[5]Universidade Feevale (ragewm@feevale.br)

Resumo
A disposição de resíduos de diferentes origens em áreas sem tratamento para recebê-los compromete a qualidade do solo do local, da flora, fauna e da população do entorno. O presente trabalho apresenta propostas para recuperação de uma área degradada por deposição irregular de resíduos sólidos, primordialmente da indústria coureiro calçadista, localizada no Município de Novo Hamburgo, RS. Foi realizada avaliação da área como parte das atividades de uma disciplina do curso tecnólogo em Gestão Ambiental da Universidade Feevale, RS, e elaborada proposição de utilização de sistema de drenagem, para canalização do chorume e coleta de águas pluviais, biorremediação do solo para preservação da flora recomposta após o encerramento do aterro irregular e inserção de vegetação como medida compensatória às obras previstas. As ações propostas pretendem minimizar o impacto produzido pela disposição de materiais contendo metais pesados e alta concentração de matéria orgânica identificados no local.

Palavras-chave: Aterro sanitário irregular, Contaminação de solo, Biorremediação.

Área Temática: Impactos Ambientais

Plan for recovery of degraded areas for an irregular landfill in Novo Hamburgo/RS: case study

Abstract
The disposal of waste from different sources in areas without treatment to receive them compromises the quality of the local soil, flora, fauna and the surrounding population. This article presents proposals for recovery of an area degraded by irregular disposal of solid waste, primarily the leather footwear industry, in Novo Hamburgo, RS. The area's evaluation was conducted as part of the activities of a discipline Technologist course in Environmental Management from the University Feevale, RS, and elaborate proposition of using drainage system, plumbing of manure and rainwater harvesting, soil bioremediation for preservation flora recomposed following the closure of irregular landfills and insertion of vegetation as a compensatory measure to the proposed works. The proposed actions are intended to minimize the impact produced by the disposal of materials containing heavy metals and high concentration of organic material identified on area.

Key words: Irregular landfill, Soil contamination, Bioremediation.

Theme Area: Environmental impacts

1. Introdução

Um dos maiores problemas encontrados nos municípios brasileiros é a disposição inadequada de resíduos sólidos, cuja geração ocorre em decorrência do crescimento populacional exponencial, juntamente com consumo excessivo da população em geral. Este hábito resulta em um grande acúmulo de resíduos, que nem sempre são descartados em locais adequados, ou que recebam tratamento correto. Em qualquer um dos casos, é necessário considerar que este problema propicia ambientes para a proliferação de vetores de doenças de interesse de saúde pública, bem como, impactam o local onde são depositados pela liberação de substâncias relativas ao tipo de resíduo sólido em questão.

Tendo em vista o impacto causado por este tipo de descarte, a Politica Nacional de Resíduos Sólidos determina que a instalação e operação de aterros sanitários devem seguir normas específicas. No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável por estabelecer os critérios a serem seguidos pelos aterros.

Segundo ALBERT (2005 *apud* IBAM, 2001) idealmente, a recuperação de uma área impactada pela deposição irregular, consiste na remoção total dos resíduos depositados e após, o preenchimento da área escavada com solo natural da região. Entretanto, deve se dar atenção especial ao impacto causado pela ação de recuperação pretendida, bem como, considerar viabilidade econômica para a execução e manutenção das ações.

O presente estudo foi realizado em uma área residencial do município de Novo Hamburgo, RS, a 40 km da capital do estado do Rio Grande do Sul, no bairro Alpes do Vale, zona norte da cidade (29°38'57.2"S 51°07'35.3"W). A qual possui população de 238.940 habitantes (IBGE, 2010).

O clima predominante é do tipo subtropical, com temperaturas mínimas abaixo de 16°C e as máximas que ultrapassam 30°C. A precipitação é bem distribuída ao longo do ano e a umidade se mantém sempre alta, variando entre 75% e 86%. A cobertura vegetal apresenta características de mata secundária em alto grau de desenvolvimento, com predominância de espécies do bioma Mata Atlântica (referência).

No bairro Alpes do Vale encontra-se um aterro irregular desativado onde foi identificado o descarte inadequado de resíduos sólidos industriais, provenientes da indústria coureiro-calçadista predominantemente, assim como resíduos sólidos urbanos diversos. Na área observam-se impactos tais quais processos erosivos dispersos e alta concentração de chorume em um dos pontos dos taludes que foram sendo produzidos ao longo do período em que o local foi utilizado como aterro irregular. Boa parte da área apresenta cobertura vegetal densa que se formou espontaneamente após a sua desativação como aterro, sendo esta cobertura composta em sua maioria de eucaliptos.

O presente trabalho é resultado de uma atividade de caráter obrigatório do curso de Gestão Ambiental da Universidade Feevale, e apresenta propostas para a recuperação da área de aterro desativado, uma vez que o local apresenta escoamento continuado de chorume, sem qualquer tipo de contenção ou tratamento. Recuperar áreas com este grau de degradação faz-se imperativo, uma vez que vários episódios de contaminação de solos e de águas subterrâneas tem sido atribuídos aos depósitos inadequados de resíduos sólidos (Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais, 2010).

2. Metodologia

A visita ao local foi realizada com o acompanhamento do Secretário do Meio Ambiente do município de Novo Hamburgo, para avaliação da condição de degradação da área, bem como identificação dos pontos de escoamento de chorume.

A elaboração do trabalho fundamentou-se em pesquisa bibliográfica, sendo em relação a sua natureza, pesquisa básica. A busca foi orientada para ações que causem o mínimo

impacto à área já sob estresse, mantendo a vegetação que se encontra em avançado estágio de desenvolvimento.

As ações propostas foram divididas em etapas, com execução a curto, médio e longo prazo.

1.1. Infra-estrutura

Pensando nas condições atuais da área e na necessidade de monitoramento, coleta de percolado e ações de remediação, faz-se prioritário a criação de vias de acesso ao local, conforme a NBR 10157/87 que estabelece que, estes devem ser construídos e mantidos de maneira a garantir o acesso e utilização da área sob quaisquer condições climáticas.

Ainda segundo a NBR 10157/87, que trata especificamente dos critérios para projeto, construção e operação de Aterros de Resíduos Perigosos, com o propósito de garantir a segurança da comunidade e fauna local, frente a possíveis danos provocados pelo contato com área contaminada e também evitar qualquer intervenção prejudicial à área, faz-se necessário o isolamento do local, assim como implantação de portão de acesso e placas indicativas de periculosidade e orientando o afastamento tanto na cerca quanto no portão.

1.2. Drenagem

Segundo a NBR 10157/87 o sistema de drenagem de percolado em um aterro sanitário é idealmente projetado de forma que os resíduos possam ser dispostos sobre ele, possibilitando a coleta do chorume gerado e condução para tratamento. Como parte das ações de maximização e remediação da área e considerando a decisão de manter a vegetação consolidada, a drenagem do percolado será realizada por tubulação permeável pré-existente, instalada na base do talude inferior lado oeste da área.

Com intuito de minimizar a influência pluviométrica no volume de percolado gerado, o sistema de drenagem proposto divide-se em Drenagem de Áreas Adjacentes e Drenagem da Área de Deposição de Resíduos.

1.2.1. Drenagem de Áreas Adjacentes

O sistema de drenagem das águas incidentes na área de entorno terá o objetivo de diminuir a vazão do efluente a ser tratado, de modo que o desvio da vazão pluviométrica conduzirá a água da chuva à jusante de onde a massa de resíduos está depositada.

O sistema é composto por canaletas de meia calha e caixas de passagem de concreto, devidamente dimensionadas e revestidas de material impermeabilizante, conforme determinado na NBR 10.157 (1987) que conduzirão a vazão coletada à jusante do aterro. A instalação ocorrerá no entorno do talude de resíduos de acordo com topografia da área, que já fornece inclinação a oeste, onde será lançado para infiltração no solo através de caixa dissipadora.

1.2.2. Drenagem na Área de Deposição

O sistema deve ser composto por tubulações permeáveis instaladas ao longo do perímetro da base, envolvida por camada drenante de brita, e montada dentro de cava com fundo e parede externa impermeabilizada, sendo instalada a profundidade de 1 metro abaixo da lâmina inferior dos resíduos dispostos.

Propõem-se também, a execução de drenos sub-horizontais ao maciço de resíduos, os drenos são executados por perfuratrizes rotativas com inclinação ascendente. A realização ficará por conta de empresa especializada. Após a perfuração, serão instalados tubos ranhurados envolvidos em manta geotêxtil para impedir contaminação do dreno.

O efluente drenado será conduzido de acordo com a declividade da área até o reservatório a jusante do aterro, onde será armazenado para posterior envio para tratamento *off site*.

1.3. Tratamento de Chorume

Chorume é o nome popular dado para o líquido escuro gerado em aterros sanitários, em decorrência da percolação das águas de chuva pela massa de lixo (TERA AMBIENTAL, 2014). Esse líquido possui alto potencial poluidor, especialmente se proveniente de resíduo industrial. Considerando que a área em questão foi usada por empresas do setor coureiro-calçadista, a qual utiliza metais pesados no seu processo produtivo, o impacto é potencializado.

As principais problemáticas envolvidas no tratamento dizem respeito à alta carga bioquímica, grande variabilidade de volume, por conta da influência pluviométrica e resistência aos métodos convencionais de tratamento.

A NBR 10.157 (1987) institui o tratamento do líquido percolado através de procedimentos de segurança que impeçam contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas.

Da mesma forma a Resolução CONAMA nº 420 de 2009, prevê em seu Art. 22º que o gerenciamento de áreas contaminadas deve eliminar ou reduzir o risco à saúde pública e ao meio ambiente.

Levando em consideração a legislação vigente, a alta complexidade envolvida no tratamento desse efluente, a área disponível limitada e, novamente, a decisão de manter a cobertura vegetal existente devido ao grau do seu desenvolvimento, bem como os custos de implantação de infra-estrutura, tecnologia e mão de obra capacitada para operar uma estação de tratamento in situ, sugerimos a implementação de tanque de armazenamento para percolado drenado que deverá ser recolhido semanalmente, ou conforme necessidade apresentada em virtude da pluviometria, por empresa especializada no tratamento de chorume.

1.4. Biorremediação

O processo de recuperação de uma área contaminada envolve uma avaliação prévia, investigação confirmatória, investigação detalhada, avaliação de risco e ações para reabilitação da área, até as concentrações das substâncias detectadas atingirem níveis aceitáveis para uso futuro. O uso determinará a eficiência de remoção das substâncias da área, bem como as tecnologias de remediação, o tempo de operação e o seu custo. Para definir as ações de reabilitação, é importante que se conheça o cenário local, a extensão e se as vias de contaminação existem (Ministério do meio ambiente [200-?]).

A biorremediação é a técnica que consiste na introdução de microorganismos, que podem ser fungos, leveduras, bactérias ou enzimas que auxiliam ou aceleraram o processo de degradação dos compostos poluentes. O uso da biorremediação torna possível remediar o solo ou até mesmo fazer com que este volte a ter condições próximas dos níveis normais e/ou originais (GONCALVES; MARTINS; RUIZ; YU et al., 2012).

A biorremediação é considerada um processo seguro e eficiente, pois os microorganismos ou enzimas utilizadas podem degradar o contaminante transformando os compostos poluentes em substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade. (ANTONIOLLI; BENTO; CAMARGO; JACQUES et al., 2007).

No presente trabalho, sugerimos que esta técnica seja empregada no solo que cobre os taludes de deposição de resíduos, por uma empresa credenciada que faça desde a análise deste solo até a aplicação da técnica e o seu monitoramento.

1.5. Inserção de Vegetação

A fim de medida compensatória, em virtude de retirada de parte da vegetação para implantação de tanque de armazenamento de percolado, instalação de cerca de proteção e criação de vias de acesso, propõe-se plantio de espécies arbóreas na área de entorno com intuito de reforçar isolamento da área para população e fauna, bem como limitação visual.

Pensando na possível contaminação do solo e eventual contaminação da vegetação, restringiu-se a seleção para espécies não frutíferas e de pouco interesse para fauna, impedindo, ou ao menos, minimizando a dispersão, bioacumulação e biomagnificação de substâncias potencialmente tóxicas.

GLUFKE (1999) diz que: "O estudo da área florestal, o conhecimento das fases sucessionais e das relações ecológicas é essencial para a escolha correta das espécies a serem utilizadas".

A escolha das espécies levou em consideração características quanto à exigência a luminosidade e umidade, adaptação a solos empobrecidos, de forma a maximizar o percentual de germinação das mudas e sucesso na prática.

Seguem as escolhas adotadas:

- Angico-vermelho (*Parapitadenia rigida (Benth.) Brenan);*
- Caroba (*Jacaranda micrantha Cham.*);
- Embiruçu *(Pseudobombax grandiflorum (Cav.) A. Robyns);*
- Sucurujuva *(Colubrina glandulosa Perkins);*
- Timbó *(Ateleia glazioviana Baillon.);*
- Açoita-Cavalo *(Luehea divaricata Mart.);*
- Canela-Guaicá *(Ocotea puberula Nees);*
- Guajuvira *(Cordia americana (L.) Gottdchiling & J. E. Mill.);*

1.6. Área de Erosão

Erosão é um processo natural que no decorrer de milhares de anos molda as paisagens, porém a ação antrópica acelera consideravelmente este processo (CANIL; FILHO; FILIZOLA; GOMES; SOUZA, 2011).

Segundo Carim (2012), a regularização superficial feita através de nivelamento topográfico de sulcos erosivos é um importante aspecto na recuperação de áreas degradadas por propiciar maior estabilidade ao solo e sucesso na revegetação da área. Portanto, considerando a baixa profundidade e pequena extensão da área de erosão, propõe-se a utilização do solo removido para construção do tanque de armazenamento de chorume como material a ser aplicado no recondicionamento topográfico dessa área.

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (2008) o uso de leguminosas é uma prática recomendada para recuperação de áreas degradadas, pois as leguminosas utilizam a própria vegetação para proteger o solo da erosão. Outro grande benefício do seu uso é a produção de matéria orgânica que, através de sua incorporação, estimula diversos processos químicos e biológicos melhorando sua fertilidade, além de exibirem um sistema radicular profundo e ramificado aprofundando nas camadas do solo.

Na área de erosão, sugere-se o plantio da espécie *Cajanus cajan*, conhecida popularmente como Feijão Guandu, por sua fácil adaptação a vários tipos de solos, baixa exigência quanto à fertilidade, preferência a climas quentes e úmidos, rápido crescimento, ampla interação com microorganismos e alta capacidade de fixação de Nitrogênio, o que auxilia na melhora da fertilidade do solo, além de dificultar caminhos preferenciais para o escoamento superficial que aliado ao sistema de drenagem proposto impedirá novos processos erosivos no mesmo local.

O plantio deve ser feito de forma linear com espaçamento de 0,5 m entre si. Em estudos realizados, os espécimes atingiram até 90% de germinação com crescimento médio de 2 metros de altura em 4 meses (ANDRADE; CAVALCANTE; LIMA; SANTOS; SILVA,2001).

1.7. Monitoramento

A Resolução CONAMA nº 430/2011 prevê que a disposição de efluentes no solo não pode causar a contaminação dos recursos hídricos, somando-se a isto, a Resolução CONAMA nº 420/2009 determina que empreendimentos ou atividades com potencial poluidor devem implantar programa de monitoramento de qualidade do solo, das águas subterrâneas e superficiais, bem como a NBR 10.157/1987.

Portanto, serão instalados poços de monitoramento devidamente revestidos e cobertos para evitar qualquer tipo de contaminação ou alteração dos resultados das análises. Paralelamente à instalação dos poços, foi elaborado um programa de monitoramento de águas subterrâneas e de liquido percolado pós tratamento, conforme o que estabelece a NBR 10157/1987.

Sugere-se que as coletas para análises das águas superficiais, subterrâneas e percolado sejam realizadas trimestralmente. As amostras coletadas deverão ser enviadas a laboratório reconhecido pelos órgãos reguladores.

A Norma 10157/87 determina ainda, que seja realizado o monitoramento de emissões gasosas paralelamente ao monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, entretanto esta etapa fica inviabilizada na área em questão devido às condições atuais que não permitem a implantação de sistema de drenagem gasosa, visto a necessidade de planejamento prévio e implantação do sistema antes da deposição de material.

O acompanhamento deverá ocorrer por período de 20 anos, havendo possibilidade de aumento ou redução deste prazo de acordo com resultados apresentados.

1.8. Cronograma

Quadro 1: Cronograma Inicial das ações propostas

Ações	1º ano				2º ano				3º ano			
	1º tri	2º tri	3º tri	4º tri	1º tri	2º tri	3º tri	4º tri	1º tri	2º tri	3º tri	4º tri
Implantação Infra-estrutura	X	X	X	X								
Aterramento Área de Erosão	X	X										
Coleta / Aquisição de Sementes / Mudas		X	X	X			X*				X*	
Monitoramento de Águas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Monitoramento de Percolado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manutenção de Infra-estrutura			X				X				X	
Relatório de atividades				X				X				X
Plantio de Mudas					X	X	X	X	X*	X*	X *	X*
Monitoramento de Mudas					X	X	X	X	X	X	X	X
Biorremediação de Solo					X	X	X	X	X	X	X	X

*Conforme necessidade. **Fonte:** Autores, 2014.

3. Resultados Esperados

Com a implantação do Plano de Recuperação, através das ações distribuídas em curto, médio e longo prazo que foram recomendadas neste trabalho, espera-se que o local retorne às suas condições naturais anteriores, melhorando a qualidade de vida dos moradores, e proporcionando um ambiente ideal para o desenvolvimento da flora e da fauna da região.

4. Considerações Finais

Ao longo do trabalho constatamos e discutimos os impactos ambientais provenientes da deposição irregular de resíduos sólidos em local inadequado. Como demonstrado, as conseqüências estendem-se desde o impacto direto ao solo onde está disposto passando pelas águas subterrâneas e superficiais, até as espécies vegetais e animais residentes no local, além da disseminação de doenças na população circunvizinha, devido à proliferação de vetores.

Em contrapartida, ações de recuperação também trazem consigo impactos ambientais inevitáveis, por isso, considerando a incrível capacidade observada do meio ambiente de auto recuperar-se, que neste caso, iniciou o restabelecimento da vegetação anterior, entendeu-se que, após um período tão longo transcorrido da desativação do aterro irregular e dado o esforço empenhado pela natureza em restaurar-se, a decisão mais assertiva seria a manutenção da vegetação já recomposta. Portanto, as decisões tomadas constituíram-se na implantação de um sistema de drenagem de percolado e águas pluviais, juntamente com o tratamento de chorume, visando essa preservação e causando o menor impacto, mas, ainda, de forma a assegurar a máxima recuperação possível e minimizar os danos ambientais vindouros.

Referências

ANTONIOLLI, Z.I.; BENTO, F.M.; CAMARGO, F.A.D.O.; JACQUES, R.J.S. "**Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos**", Ciência Rural, vol. 37, no. 4. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação, **NBR 10.157**. Rio de Janeiro,1987.

BERTONI, J; NETO, F. L. Conservação do Solo, 7ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP. 2008.

BRASIL. **Resolução Conama nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Disponível em: <www.cve.saude.sp.gov.br/htm/doma/legis/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20CONAMA%20420%20de%2028%20de%20dezembro%20de%202009.pdf>. Último acesso em: 01/11/2015.

BRASIL. **Resolução Conama nº 430**, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Último acesso em: 06/11/2015.

CANIL, Katia; FILHO, Gerson S. de Almeida; FILIZOLA, Heloisa Ferreira; GOMES, Marco Antonio F; SOUZA, Manoel Dornelas de. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos**. Circular Técnica nº 22. EMBRAPA. São Paulo, 2011. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/download/circular_22.pdf>. Último acesso em: 24 de jun de 2015.

CARIM, Marcelo de Jesus Veiga. **Plano Básico Ambiental do Aproveitamento Hidroelétrico Cachoeira Caldeirão**. Eco Tumucumaque Protecting Amazonia. 2012.

Disponível em: <https://snt152.mail.live.com/mail/ViewOfficePreview.aspx?messageid=mgDCQY7gId5RGldQAhWtfmXg2&folderid=flinbox&attindex=0&cp=-1&attdepth=0&n=28464969>. Último acesso em: 27 de jun de 2015.

Chorume de aterro sanitário: por que o tratamento deve ser uma prioridade? Tera Ambiental. São Paulo, 2014. Disponível em: <www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/chorume-de-aterro-sanitario-por-que-o-tratamento-deve-ser-uma-prioridade>. Último acesso em: 24 de jun de 2015.

GLUFKE, Clarice. **Espécies Florestais Recomendadas para Recuperação de Áreas Degradadas**. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

GONCALVES, L. R.; MARTINS, F. E.; RUIZ, M. S.; YU, A. S. O. **Remediation technology of areas contaminated with organochlorines: A preliminary evaluation seeking potential applications on the site of street capua, santoandre--SP**/Tecnologias de remediação de areas contaminadas com organoclorados. Revista De Gestão Ambiental e Da Sustentabilidade, 1(2), 103. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rio Grande do Sul, Novo Hamburgo.** Disponível em: <cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431340&search=rio-grande-do-sul|novo-hamburgo>. Último acesso em: 06/11/2015.