



Projeto de sistema *pump and treat* para remediação de área degradada pela disposição inadequada de resíduos sólidos

Amanda Bueno de Lima

Universidade de Caxias do Sul - UCS, Caxias do Sul, Brasil, ablimal1@ucs.br

Jaqueline Bonatto

Universidade de Caxias do Sul - UCS, Caxias do Sul, Brasil, jbonatto4@ucs.br

RESUMO: O trabalho propõe um projeto de um sistema *pump and treat* para remediação de uma área degradada (PRAD) pela disposição inadequada de resíduos sólidos em um município de pequeno porte no estado do Rio Grande do Sul. Para elaboração do projeto, realizou-se um diagnóstico do local através do histórico de ocupação, situação atual e posterior investigação confirmatória. Fez-se uma análise do diagnóstico final, conduzindo a problemática a uma série de técnicas e alternativas atualmente utilizadas na recuperação de áreas degradadas. Como resultado apresenta-se um projeto como alternativa para a descontaminação das águas subterrâneas, onde optou-se por um sistema de bombeamento e tratamento (*pum and treat*) para remoção dos contaminantes da zona saturada, e posterior tratamento em superfície utilizando reagente Fenton.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Área degradada, Remediação, Bombeamento e Tratamento.

1 INTRODUÇÃO

As crescentes concentrações humanas nos centros urbanos trazem um aumento de volume de resíduos gerados, atrelados ao consumo excessivo e produção acelerada de produtos além da rápida obsolescência destes, trazendo diversas demandas no que diz respeito ao tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Mesmo com a implementação da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), e com a ampliação de uma legislação disciplinadora do uso ambiental, a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos está presente em todos os estados do Brasil. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2017 (ABRELPE, 2017) a disposição final adequada de RSU registrou um índice de 59,1% sendo encaminhados para aterros sanitários.

Porém, ainda segundo a ABRELPE (2017), no Brasil 18% dos resíduos urbanos foram parar em lixões e 22% em aterros controlados, ou seja, unidades inadequadas de disposição de resíduos. Esta situação representa um grave passivo ambiental com elevado potencial de poluição e vem provocando impactos ambientais irreversíveis na maioria dos municípios brasileiros. Somente no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2017, 11,6% dos resíduos coletados foram destinados para lixões.

Diante disso, os municípios buscam como solução, a recuperação técnica, social e ambiental de áreas de depósitos inadequados de resíduos sólidos urbanos, que segundo França e Ruaro (2008) é o principal fator antrópico afetando assim a qualidade do ar, do solo e das águas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo propor a remediação de uma



área degradada, por consequência da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos localizada em uma cidade de pequeno porte no estado do Rio Grande do Sul. No local, durante os anos de 2005, 2006 e 2007, a prefeitura do município coletava os resíduos urbanos e os dispunha em uma área sem quaisquer tipos de critérios pois não havia contratação de uma empresa especializada na prestação de serviço de coleta e destino final dos resíduos.

Assim, este trabalho busca projetar um tratamento do tipo *pump and treat* para uma área contaminada com resíduos sólidos.

2 DIAGNÓSTICO DA ÁREA

2.1 Histórico e situação atual da área

A área a ser remediada está localizada em um distrito de em um município no interior do estado do Rio Grande do Sul. Segundo o IBGE (2015) possui uma extensão territorial de 1.174 km² e uma população de 3.483 pessoas no ano de 2016. O distrito está localizado na zona rural e é o maior núcleo urbano depois da sede com uma população aproximada de 296 habitantes (IBGE, 2015).

No entorno da área a vizinhança é caracterizada por agricultores sendo a principal atividade é o plantio de hortifrutigranjeiros, batata, couve flor e bovinocultura. Nas porções norte, leste e oeste da área existe o plantio de *Pinus elliottii* e ao sudeste existe a atividade de mineração, que pertence à prefeitura uma saibreira.

O abastecimento de água do município no ano de 2011 era 51,21% através de rede pública e 48,7% através de poço ou nascentes, o distrito é atendido através da captação de água de 2 (dois) poços.

A área degradada foi utilizada como lixão, recebendo resíduos sólidos urbanos durante três anos, no período de 2005 a 2007. Não se teve acesso a informações com relação ao projeto de

aterro no local nem de como se dava a operação de recebimento de resíduos durante este período de funcionamento.

Em 2007, após denúncias de moradores vizinhos, a prefeitura municipal foi noticiada pelo órgão ambiental pela disposição inadequada de resíduos sólidos. A partir de então encerrou-se a atividade de recebimento de resíduos no local e a prefeitura contratou uma empresa terceirizada especializada para coleta, transporte e disposição dos resíduos sólidos urbanos.

As Figuras de 1 e 2 apresentam evidências da disposição dos resíduos sólidos ainda nos anos de 2012 e 2013, indicando o abandono da área, resíduos sem qualquer tipo de critério de aterramento, resíduos compostos por materiais recicláveis e/ou de difícil degradabilidade, madeira, pneu, além de resíduos perigosos como latas de tinta e resíduos eletrônicos.

Desta forma, o local de disposição dos resíduos ficou em regeneração natural por 9 (nove) anos, onde somente após nova notificação do órgão ambiental estadual, em julho de 2016 deu-se início ao processo de licenciamento para remediação da área.



Figura 1. Disposição nos resíduos como latas de tinta, papéis e plásticos em 2012 (Fonte: AMBIATIVA, 2012)



Figura 2. Vista da área abandonada no ano de 2013
(Fonte: AMBIATIVA, 2013)

Ainda em 2016 foi realizado o cercamento e instalação de um portão de acesso com placa de identificação, a qual sinaliza que é vetada a entrada no local, por se tratar de uma área degradada em processo de recuperação.

Neste mesmo período também foi realizado o recobrimento da massa de resíduos com uma camada 15 cm de espessura de solo natural do próprio local, conforme Figura 3.

Quanto à quantidade estimada de resíduos dispostos no local considerou-se a informação constante na Licença de Operação que foi emitida em 2017 para remediação de área degradada, a qual traz um volume de 1.440 m³, em uma área de 874 m².

Quanto à quantidade estimada de resíduos dispostos no local considerou-se a informação constante na Licença de Operação que foi emitida em 2017 para remediação de área degradada, a qual traz um volume de 1.440 m³, em uma área de 874 m².



Figura 3. Vista do local após limpeza e recobrimento
(Fonte: Prefeitura do Município, 2016)

2.2 Caracterização hidrográfica e pedológica

O município está inserido em duas Bacias Hidrográficas, sendo elas a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, do Rio das Antas e a Bacia Hidrográfica Apuaê-Inhandava, do Rio Pelotas.

A região do município possui um sistema de aquíferos com média a baixa possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas. A área em questão, está inserida no Sistema Aquífero Serra Geral II, este sistema aquífero ocupa a parte oeste do Estado, os limites das rochas vulcânicas com o rio Uruguai e as litologias gonduânicas além da extensa área nordeste do planalto associada com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral. Suas litologias são predominantemente riolitos, riodacitos e em menor proporção, basaltos fraturados. A capacidade específica é inferior a 0,5 m³/h.m, entretanto, excepcionalmente em áreas mais fraturadas ou com arenitos na base do sistema, podem ser encontrados valores superiores a 2 m³/h.m. As salinidades apresentam valores baixos, geralmente inferiores a 250 mg/L. (CPRM, 2005).

No local, há a ocorrência de Neossolos Litólicos, que segundo a EMBRAPA (2009), caracterizam-se por serem solos rasos a muito rasos, bem drenados, textura média com sequência de horizontes A-R, podendo apresentar saturação por bases baixa ou alta com ocorrência em relevo forte ondulado a montanhoso. Apresentam baixo teor de carbono orgânico no horizonte A e fases pedregosas e rochosas, ocorrem em áreas dessecadas e íngremes. São solos assentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo.

2.3 Investigação Confirmatória



A etapa de investigação confirmatória tem como objetivo principal confirmar ou não a existência de contaminação. A confirmação da contaminação em uma área dá-se basicamente pela tomada de amostras e análises de solo e/ou água subterrânea, em pontos estrategicamente posicionados (CETESB, 2001).

Conforme ABNT (1997), além da coleta nos pontos onde ocorre a maior probabilidade de existência de contaminação, devem ser coletadas também amostras onde não ocorra a influência das fontes suspeitas identificadas. Para a coleta de águas subterrâneas recomenda-se no mínimo três pontos de amostragem nos locais suspeitos de contaminação e um para determinação da qualidade natural dessas.

Desta forma, para a realização da investigação confirmatória deverão ser alocados quatro piezômetros de monitoramento sendo um à montante e três à jusante da área de disposição dos resíduos. Para o projeto destes piezômetros utilizou-se a Norma ABNT NBR 13.895 (1997).

Os Piezômetros terão denominação de PM 01, PM 02, PM 03 e PM 04, sendo o PM 01 o piezômetro localizado à montante e os outros três à jusante da área. Estes deverão ter o mesmo perfil construtivo, sendo que o diâmetro de perfuração deverá de 450 mm e o diâmetro de revestimento interno de 6” executado com tubos de PVC reforçado, o detalhamento encontra-se na Figura 4.

Segundo ALVES (2012), aterros de resíduos sólidos constituem uma importante fonte de contaminação de águas subterrâneas. Ainda que existam diversos casos de contaminação decorrentes da má operação de aterros sanitários, esse impacto tende a apresentar maior magnitude em associação a vazadouros a céu aberto ou lixões, uma vez que esses dispositivos são instalados sem qualquer conhecimento hidrogeológico local e sem quaisquer medidas que impeçam a chegada do lixiviado às águas subterrâneas.

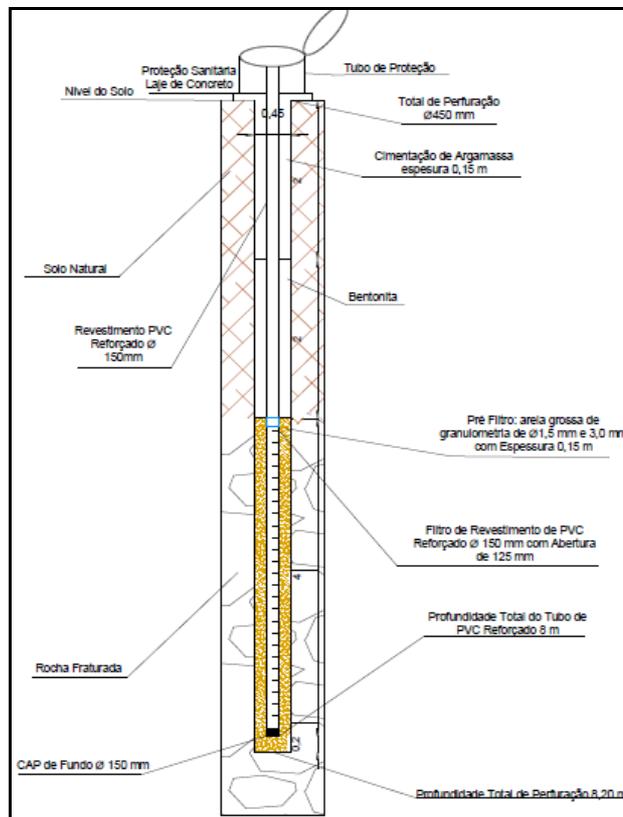


Figura 4. Detalhamento dos Piezômetros de monitoramento (Fonte: O Autor, 2017)

A presença do lixiviado é de longe a mais significativa ameaça para as águas subterrâneas, uma vez que ele pode alcançar as camadas mais profundas dos aterros. O lixiviado também pode ter um fluxo de escoamento lateral para um determinado ponto onde é descarregado para a superfície como uma infiltração, ou move-se através da base do aterro em direção a sub-superfície. Dependendo da natureza destas formações e da ausência do sistema de coleta do lixiviado, este tem sido associado diretamente à contaminação dos aquíferos abaixo da linha do aterro, tornando-se alvo de extensas investigações há quatro décadas (ZANONI, 1972 apud LIMA, 2003).

Segundo Araújo (1996, apud LIMA, 2003) nos EUA, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) realizou o cadastramento das principais fontes de contaminação dos recursos hídricos. Dentre as várias fontes de contaminantes, os lixões municipais constituem



fonte poluidora das águas subterrâneas em mais de 35 estados americanos, sendo que em 15 estados a contaminação é considerada grave.

Diante do exposto e devido à ausência de sistemas de impermeabilização inferior e superior no local, bem como de drenagem de lixiviados, permitindo a infiltração de águas provenientes das precipitações na massa de resíduos e de qualquer relato de operação correta no aterramento dos resíduos no local, considerou-se que após coleta e análises das águas subterrâneas as mesmas apresentaram contaminação do lençol freático pela percolação dos lixiviados gerados durante o período de funcionamento do local.

Para caracterização das águas subterrâneas contaminadas, utilizou-se a compilação dos resultados obtidos por Iwai (2012) e Santos (2008), em estudos de qualidade das águas subterrâneas brasileiras em aterros de pequeno porte em valas, e estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características típicas de águas subterrâneas contaminadas por lixiviado em aterros brasileiros

Parâmetro	Resultado	Conama 396/08
pH [1]	5,2	-
Alcalinidade total (mg/L de CaCO ₃) [1]	26,3	-
OD (mg/L) [1]	2,1	-
Turbidez (UNT) [1]	186	-
Condutividade (mS/cm) [1]	0,02	-
DQO (mg/L) [2]	357	-
DBO (mg/L) [2]	180	-
Fe total (mg/L) [1]	13,6	<300 - Consumo Humano - C1
Cd total (mg/L) [1]	0,007	<5 - Consumo Humano - C1
Cu (mg/L) [1]	0,13	<10 - Consumo Humano - C1
Cr (mg/L) [1]	0,12	<50 - Consumo Humano - C1
Mn total (mg/L) [1]	1,32	<100 - Consumo Humano - C1
Ni (mg/L) [1]	0,16	<20 - Consumo

Zn (mg/L) [1]	0,32	Humano - C1 <5.000 - Consumo Humano - C1
Al (mg/L) [1]	14,6	<200 - Consumo Humano - C1
Hg (mg/L) [1]	0,0004	<1 - Consumo Humano - C1

Fonte: [1] Iwai (2012); [2] Santos (2008).

Para fim deste projeto definiu-se a pluma de contaminação empiricamente baseando-se na área do aterro, nas curvas de nível e nos fluxos das águas subterrâneas, representado na Figura 05.

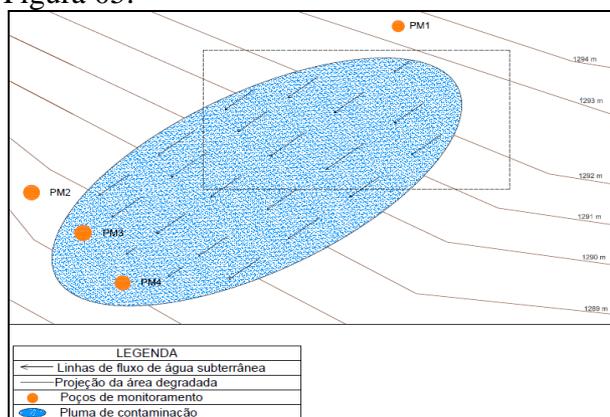


Figura 5. Imagem da pluma de contaminação (Fonte: O Autor, 2017)

3 TÉCNICA ADOTADA

De acordo com CETESB (2001), a aplicabilidade de um método de remediação depende de vários fatores, como características do meio contaminado e do contaminante, do objetivo da remediação, da localização da área, do tempo e dos recursos disponíveis, podendo desta forma se utilizar várias técnicas associadas.

Conforme apresentado na etapa de investigação confirmatória o local apresentou contaminação das águas subterrâneas, desta forma decidiu-se utilizar a técnica de *pump and treat* para remoção dos contaminantes da zona saturada. Salienta-se, que este projeto não prevê a solução de todos os problemas ambientais diagnosticados na área, e sim apenas



a problemática das águas subterrâneas contaminadas.

A técnica a ser utilizada no presente projeto prevê a utilização de piezômetros para bombeamento das águas contaminadas até a superfície e tratamento das mesmas utilizando reagente Fenton para posteriormente injeção da água tratada no lençol freático.

Satkin and Bedient (1988, apud USEPA, 1996) utilizaram modelos matemáticos para avaliar a eficácia de sete configurações padrão de poços de bombeamento e tratamento, apresentados na Figura 06.

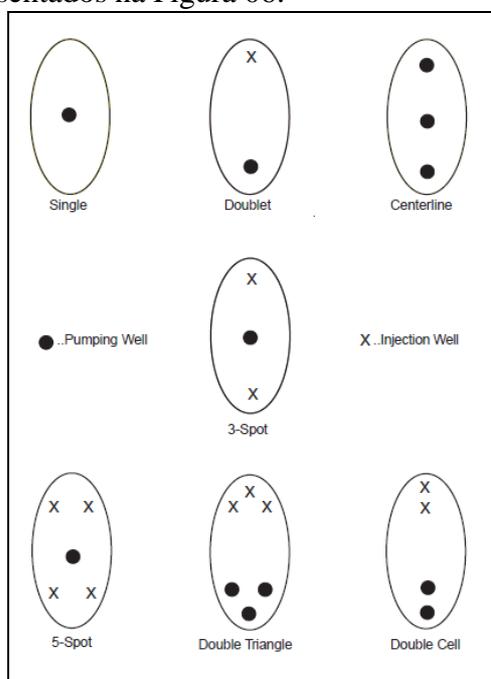


Figura 6. Configurações padrão de sistemas de bombeamento e tratamento (Fonte: USEPA, 1996)

Segundo este estudo, o menos efetivo seria o padrão 5-Spot. Para o presente projeto, devido a existência dos piezômetros instalados na etapa de investigação confirmatória, optou-se pela configuração Doublet, ou seja, um poço à montante para bombeamento e extração da água subterrânea contaminada e outro à jusante para a injeção da água após o seu tratamento. Desta forma, para a operação do sistema, os piezômetros a serem utilizados serão o PM03 para extração e o PM01 para injeção.

3.1 Bombeamento das águas subterrâneas contaminadas

Este sistema de bombeamento tem por objetivo captar a água subterrânea contaminada e enviar para o tanque onde será realizado o tratamento da mesma. Para o presente bombeamento utilizou-se a ferramenta KSB Easy Select (KSB, 2015), disponível on line no site da fabricante de bombas KSB.

Quanto aos dados de vazão a ser bombeada, operação e tempo de duração da remediação, normalmente estes dados são obtidos através de modelos de sistemas ambientais, porém na ausência de maiores dados sobre o aquífero do local, baseou-se em estudos de caso realizados em sistemas de bombeamento e tratamento. A Tabela 2 apresenta os alguns estudos onde foi empregada esta técnica, bem como a fonte bibliográfica.

Desta forma, baseando-se em uma média das vazões apresentadas na Tabela 2, o sistema deverá operar a uma vazão média de projeto de 0,32 m³/dia. Considerando que a operação deverá ser feita por funcionário público sendo assim mais difícil ocorrer durante os finais de semana, o sistema deverá bombear 8 horas por dia de segunda-feira a sexta-feira.

Tabela 2. Dados de estudos realizados utilizando a técnica de bombeamento e tratamento

Taxa de bombeamento (m ³ /dia)	Operação (horas/dia)	Tempo de remediação (meses)
0,25 ^[1]	8	10
0,50 ^[2]	8	12
0,21 ^[2]	20	4,8

Fonte: [1] Abdanur(2005); [2] Totti (2005)

O modelo de bomba escolhido para a sucção da água subterrânea contaminada foi uma do tipo submersa centrífuga, UPACHROM 100 -02 CC de 0,26 kw de potência, da fabricante KSB Bombas. Para a injeção da água após o tratamento, optou-se realizar por



gravidade, para isso deverá ser utilizada uma bomba centrífuga horizontal pra bombear a água do tanque de tratamento até o piezômetro PM01. O modelo deverá ser MCI-RQ de 2 cv de potência.

A duração total da remediação depende da contaminação bem como da eficiência do tratamento. Baseando-se também na Tabela 5 definiu-se um período de operação de 8 meses. Salienta-se que este período pode variar conforme os resultados obtidos no tratamento e monitoramento.

3.2 Tratamento de água subterrânea contaminada por lixiviado

Segundo Christensen et al. (2001, apud ALVES, 2013), os contaminantes encontrados em águas subterrâneas impactadas por aterros de resíduos sólidos predominantemente domésticos são aqueles encontrados no lixiviado. Portanto, para o tratamento das águas subterrâneas contaminadas deste projeto, buscou-se as mesmas alternativas utilizadas para o tratamento de lixiviados em aterros.

Os processos biológicos são os mais empregados no tratamento de lixiviados devido às características deste serem semelhantes às dos esgotos domésticos (Silva et. al., 2000).

Contudo, segundo Bocchiglieri (2005, apud MASSAROTTO, 2010), os processos de tratamento biológicos são indicados para os lixiviados novos, enquanto os processos químicos, como a coagulação, floculação, troca iônica e oxidação química são mais eficazes com os lixiviados velhos.

Conforme Ragasson (2013), os Processos Oxidativos Avançados (POA's) apresentam-se como uma tecnologia eficiente para a remoção de contaminantes, podendo ser empregados no tratamento de águas de subsolo e de superfície contaminadas, efluentes industriais, água potável, lixiviado de aterros sanitários e esgoto doméstico.

Segundo Neyens & Baeyens, (2003, apud

LANGE et. al, 2006) o processo oxidativo avançado empregando reagente de Fenton apresenta-se como uma alternativa para o tratamento de lixiviados. O reagente de Fenton é uma mistura de peróxido de hidrogênio e sais de ferro. O peróxido de hidrogênio é um oxidante eficiente, seguro e de custo acessível, utilizado há décadas em aplicações ambientais em todo o mundo. Conforme Bidga (1995, apud RAGASSON, 2013) o processo de oxidação empregando Reagente Fenton é composto, normalmente, por duas etapas visualizadas na Figura 7.

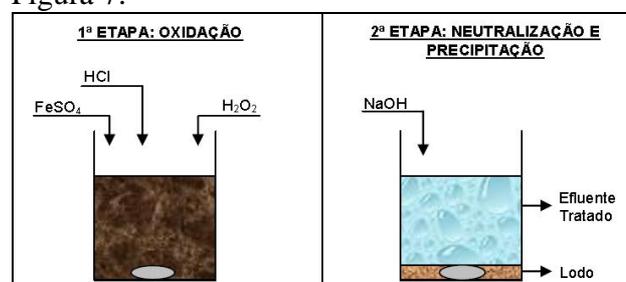


Figura 7. Etapas do tratamento de lixiviado utilizando reagente Fenton (Fonte: Adaptado de Ragasson, 2013)

A Tabela 3 apresenta alguns trabalhos encontrados na bibliografia que avaliaram em escala real a aplicabilidade e eficiência da utilização do reagente Fenton no tratamento de lixiviados de aterros velhos.

Tabela 3. Estudos realizados com a aplicação de reagente Fenton no tratamento de lixiviado de aterros velhos

Fonte Bibliográfica	Eficiência de remoção (%)	Condições de tratamento
Vasconcelos (2014)	83,3% DQO	Dosagem de reagente H ₂ O ₂ /DQO: 1:1 pH: 3,0 Relação H ₂ O ₂ / Fe ²⁺ : 3:1 TR: 120 min Rotação da agitação: NI
Rocha (2014)	74% DQO	Dosagem de reagente [H ₂ O ₂]: NI pH: 3,0 Relação H ₂ O ₂ / Fe ²⁺ : 6:1



		TR: 60 min Rotação da agitação: 150 rpm
<i>Moravia (2010)</i>	63% DQO	Dosagem de reagente H ₂ O ₂ /DQO: 1:2 pH: 3 -5 Relação H ₂ O ₂ / Fe ²⁺ : 4:1 TR: 30 min Rotação da agitação: 50 – 150 rpm

Fonte: Adaptado de Alves (2012).

Assim, em função das características das águas subterrâneas de aterros apresentadas na Tabela 1, para este projeto em questão optou-se por um sistema de tratamento oxidativo utilizando o reagente Fenton. O sistema deverá ser composto por um reator com agitação mecânica onde deverão ocorrer os processos de oxidação, neutralização, coagulação e precipitação e, considerando que segundo a produção de lodo neste tipo de sistema é muito baixa, deverá conter um leito de secagem para disposição do lodo.

3.2.1 Tanque reator

O tanque onde deverão ocorrer as reações de oxidação e precipitação/neutralização deverá ter formato cilíndrico. Para o cálculo do volume do tanque estabeleceu-se um tempo de detenção hidráulica de 4 dias com o bombeamento de 8 horas por dia e utilizou-se a vazão de 0,32 m³/dia, através da Equação 1.

$$V = TDH \times Q \quad (1)$$

Onde:

V = Volume do tanque (m³);

Q = Vazão de projeto (m³/dia);

TDH = Tempo de detenção hidráulica (4 dias).

Aplicando a Equação 1 temos:

$$V = 4 \times 0,32 = 1,3 \text{ m}^3$$

Por segurança, considerou-se uma borda

livre de 30% do volume total, portanto o tanque deverá ter um volume de 1,7 m³, uma altura de 1,5 metros e diâmetro de 1,20 m.

Segundo Kang and Hwang (2000, apud DENG, 2006) a velocidade de agitação para que ocorra a oxidação deve estar na faixa de 80 – 400 rpm. Para este sistema a velocidade de agitação deverá ser de 150 rpm. O tanque deverá ser equipado por um misturador do tipo lento vertical simples com potência de 0,50 cv.

Após a oxidação o lodo sedimentado no fundo deverá seguir para o leito de secagem através de tubulação por gravidade.

3.2.2 Dosagem de reagente

Para o que ocorram os processos de oxidação, neutralização, coagulação e precipitação no tratamento deverão ser utilizados os reagentes e dosagens apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Dosagem de reagente a ser utilizada

Processo	Reagente	Dosagem	Quantidade (L/batelada)
<i>Ajuste de pH</i>	H ₂ SO ₄	Até alcançar pH 3-4	-
<i>Oxidação</i>	H ₂ O ₂	1 g H ₂ O ₂ /2 g DQO	3,35
<i>Oxidação</i>	FeSO ₄	3 g Fe ²⁺ /1 g H ₂ O ₂	34,8
<i>Neutralização /Coagulação</i>	Ca(OH) ₂	Até alcançar pH 7	-

Fonte: O Autor (2017).

3.2.2 Leito de Secagem

Em processos oxidativos a geração de lodo é muito baixa, segundo Alves (2012), poucos trabalhos abordam a questão da formação de lodo no processo, sendo que alguns apenas citam que ocorre, mas não fazem estudo da quantidade gerada. Em seu estudo, o mesmo autor estimou a quantidade de lodo gerada no tratamento de lixiviado de aterros



velhos e chegou a uma faixa entre 8% e 23% em volume de lodo gerado por litro de efluente tratado dependendo das dosagens e tipo de reagente empregado.

Para este projeto, considerando o maior volume de lodo possível a ser gerado, utilizou-se 23% como sendo o volume de geração de lodo para o dimensionamento do leito de secagem. Portanto considerando o volume a ser tratado no reator de 1,7 m³, a geração de lodo deverá ser de 0,391 m³/por batelada. Por segurança acrescentou-se 30% neste volume, então o leito de secagem deverá ter 0,5 m³.

O tempo de secagem admitiu-se sendo 15 dias, portanto deverão ser dimensionados 2 leitos de secagem para que seja intercalado o uso entre estes.

Para cálculo da área do leito de secagem admitiu-se uma altura útil máxima de 0,30 m, a Equação 2, apresenta a área do leito.

$$A_t = V/H \quad (2)$$

Onde:

A_t = área útil total do leito de secagem (m²);

V = volume total do leito de secagem (m³);

H = altura útil total (m).

Aplicando a Equação 2 temos:

$$A_t = 0,5/0,3 = 1,68 \text{ m}^2$$

Adotou-se as dimensões de 1,4 m x 1,2 m para cada leito de secagem.

Na parte superior dos leitos de secagem, deverá ser instalada uma camada suporte constituída de tijolos 3 cm um do outro, apoiada na soleira drenante do leito.

Os leitos deverão ter um dreno de fundo central de PVC corrugado DN 50 mm, onde serão sobrepostas as camadas filtrante e drenante. A camada filtrante deverá ter 10 cm de espessura e ser constituída de areia média, e a camada drenante deverá ter 15 cm de brita nº 3. A camada drenante envolverá tubulação de PVC perfurado e o efluente coletado deverá ser recirculado através de bombeamento para o

tanque de tratamento, a Figura 8 apresenta os detalhes construtivos do leito de secagem.

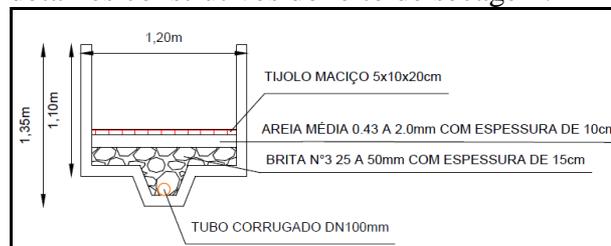


Figura 8. Detalhe construtivo dos leitos de secagem
(Fonte: O Autor, 2017)

4 CONCLUSÃO

Levando em consideração o projeto apresentado, bem como os equipamentos, técnicas e produtos químicos utilizados, observa-se a fácil aplicabilidade em escala real bem como uma operação de baixa complexidade. Além da possibilidade de aplicação associado a outras técnicas de remediação.

A remediação da área em questão é de extrema importância, visto que o abastecimento de água do local dá-se integralmente através de poços tubulares, sendo que, um desses poços está localizado em um nível topográfico mais baixo que a maior parte do núcleo urbano, o que pode acarretar na contaminação dessas águas por fluxos subterrâneos (fraturas) ou pelo horizonte freático e conseqüentemente, colocando em risco a saúde da população que vive neste distrito.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Universidade de Caxias do Sul.

REFERÊNCIAS

ABDANUR, Adriano. Remediação de solo e água subterrânea contaminados por hidrocarbonetos de petróleo: estudo de caso na refinaria duque de Caxias/RJ. 2005. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <<http://www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/dissertacao/200>



- 5_02_28_abdanur.pdf>. Acesso em: 11 fevereiro 2017.
- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo: ABRELPE; 2017. Anual. Disponível em: < <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2017/> >. Acesso em: 29 maio 2019.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR nº13.895/1997 – Construção de poços de monitoramento e amostragem. ABNT. Rio de Janeiro: 1997.
- ALVES, Carlos Frederico de Castro. Geoquímica das águas subterrâneas de um aterro de resíduos sólidos em Araras, SP. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Hidrogeologia e Meio Ambiente, Usp, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-28022013-100554/pt-br.php>>. Acesso em: 29 maio 2017.
- ALVES, J.F. Aplicação do Reagente de Fenton no Tratamento de Líquidos Lixiviados de Aterros Sanitários. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional de Meio Ambiente; e dá outras providências.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. 2ª Edição. São Paulo, SP. 2001.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. 2005. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapa_hidrogeologico_RS.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2017.
- DENG, Yang; ENGLEHARDT, James D. Treatment of landfill leachate by the Fenton process. Water Research, [s.l.], v. 40, n. 20, p.3683-3694, dez. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.009>.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília, 2009.
- FRANÇA, Rosiléa Garcia; RUARO, Édina Cristina Rodrigues. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. Ciência & Saúde Coletiva, Chapecó, p.01-05, 29 out. 2008.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em 01 março. 2017.
- IWAI, Cristiano Kenji. Avaliação da Qualidade das águas subterrâneas e do solo em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: aterro sanitário em valas. 2012. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Ambiental, Usp, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-24042012-092035/pt-br.php>>. Acesso em: 25 maio 2017.
- LANGE, L. C.; ALVES, J. F.; AMARAL, M. C. S.; JÚNIOR, W. R. M. Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário por Processo Oxidativo Avançado Empregando Reagente de Fenton. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 11, p. 175 - 183, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v11n2/30478.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2017.
- LIMA, José da Silva. AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO DO LIXÃO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA -RJ. 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2003/PEAMB2003JLima.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2017.
- MASSAROTTO, Wagner Luis. AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2010. Disponível em: <<http://www.unaerp.br/documentos/583-wagner-luis-massarotto/file>>. Acesso em: 30 maio 2017.
- RAGASSON, Marcela Kunzler. Aplicação do Reagente Fenton no tratamento de lixiviado de aterros sanitários. Especialize Revista On Line Ipog, Goiânia-go, n. 6, p.01-12, jan. 2013. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/?setarParametros=true&pagingPage=1&>>. Acesso em: 12 abr. 2017.
- SANTOS, Aldecy de Almeida. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO ATERRO SANITÁRIO DE CUIABÁ – MT. 2008. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008. Disponível em: <[file:///C:/Users/Amanda/Downloads/Aldecy_de_Almeida_Santos \(1\).pdf](file:///C:/Users/Amanda/Downloads/Aldecy_de_Almeida_Santos%20(1).pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for Conventional Pump-and-Treat Systems. Ground Water Issue, EPA, setembro de 1997.