

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
ENGENHARIA AMBIENTAL**

LARISSA FREIRE JUSTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS IMPACTOS NA QUALIDADE DOS
RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS POR LIXÃO E ATERROS
SANITÁRIOS EM SÃO CARLOS - SP**

São Carlos

2018

LARISSA FREIRE JUSTO

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS IMPACTOS NA QUALIDADE DOS
RECURSOS HÍDRICOS CAUSADOS POR LIXÃO E ATERROS
SANITÁRIOS EM SÃO CARLOS - SP**

**Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.**

Orientador: Prof. Assoc. Valdir Schalch

São Carlos

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues
Fontes da EESC/USP

J96a Justo, Larissa Freire
 Avaliação comparativa dos impactos na qualidade dos
 recursos hídricos causados por lixão e aterros sanitários
 em São Carlos - SP / Larissa Freire Justo ; orientador
 Valdir Schalch. -- São Carlos, 2018.

 Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)-- Escola
 de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
 2018.

 1. Aterro sanitário. 2. Lixão. 3. Resíduos sólidos
 urbanos. 4. Contaminação. 5. Chorume. I. Título.

Elaborado por Elena Luzia Palloni – CRB 4464

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Larissa Freire Justo**

Data da Defesa: 28/05/2018

Comissão Julgadora:

Resultado:

Valdir Schalch (Orientador(a))

APROVADA

Marco Aurélio Soares de Castro

APROVADA

Túlio Queijo de Lima

Aprovado



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

Aos meus pais, pelo amor, apoio e suporte incondicionais e por nunca terem medido esforços para que eu chegasse até aqui. Aos meus irmãos, pelos conselhos, lealdade e confiança ao longo de todos estes anos. A todos os meus amigos, pela compreensão e companheirismo. E ao professor Valdir Schalch, pela orientação, paciência, conhecimento e amizade que tornaram possível a conclusão desta monografia.

RESUMO

JUSTO, L. F. **Análise comparativa dos impactos na qualidade dos recursos hídricos causados por lixão e aterros sanitários em São Carlos - SP**. 2018. 68p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

A disposição final de resíduos sólidos urbanos, atualmente, é dada de duas formas: o lixão e o aterro sanitário, sendo este a forma adequada de acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. O aterro é construído e operado de forma que o chorume, líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos, não atinja as camadas inferiores do solo, lençóis freáticos e corpos hídricos, evitando a contaminação dos mesmos e minimizando riscos à saúde pública e ao meio ambiente. O município de São Carlos, no interior de São Paulo, apresenta dois locais de disposição final de resíduos já encerrados, o lixão Santa Madalena e o aterro sanitário Guaporé, e um local ativo, a Central de Valorização de Resíduos Sólidos (CVR). Estudos realizados no lixão desde meados dos anos 1990 mostraram concentrações acima do permitido de diversas variáveis nas amostras de água, mesmo após o encerramento de suas atividades. O aterro sanitário Guaporé, por sua vez, foi encerrado em 2013 apresentando boas condições de funcionamento. A CVR foi inaugurada em 2013 e apresenta todos os aspectos de impermeabilização e adequação exigidos pela CETESB. É necessário, porém, o monitoramento dos locais para assegurar que os aterros sanitários estão adequados e não impactam negativamente a qualidade da água. Neste contexto, o projeto proposto tem como objetivo apresentar a evolução dos parâmetros de qualidade dos recursos hídricos nas imediações dos três locais de estudo, realizando também a coleta de novas amostras de águas superficiais e subterrâneas. As análises das amostras apontaram concentrações significativamente altas de variáveis físico-químicas nos corpos hídricos nas imediações do lixão, indicando a existência de uma pluma de contaminação. Já os aterros sanitários, tanto o desativado quanto o ativo, apresentaram parâmetros conformes com a legislação para a água subterrânea e superficial em suas imediações, mesmo com a alta carga orgânica presente no chorume coletado. Por fim, a comparação entre os três locais de estudo permitiram a confirmação do aterro sanitário como método adequado e mais apropriado para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Aterro sanitário. Lixão. Resíduos sólidos urbanos. Contaminação. Chorume.

ABSTRACT

JUSTO, L. F. **Comparative analysis of the impacts on water resources caused by dump and landfills in São Carlos - SP.** 2018. 68p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

The final disposal of urban solid waste currently occurs in two ways: the dumps and the landfills, and the *Política Nacional dos Resíduos Sólidos* (which can be translated as Solid Waste National Policy) considers only the last one as the appropriate method. The landfill is built and operated in order to assure that the slurry, originated from the decomposition of the raw material in the waste, will not reach lower soil layers, groundwater and surface water nearby, avoiding their contamination and the consequent risks to public health and the environment. The city of São Carlos, in the state of São Paulo, has two places for solid waste disposal that have already been disabled, the Santa Madalena dump and the Guaporé landfill, and an active landfill, known as Central de Valorização de Resíduos Sólidos (CVR). The studies developed in the dump from the 1990s have showed that the concentrations of many parameters in the water are higher than allowed, even after its closure. The landfill, however, was disabled in 2013 with good operating conditions. The CVR was inaugurated in 2013 and presents all the aspects required by CETESB. It is necessary, however, to monitor the sites to assure that the landfills are not negatively impacting the water quality. In this context, the project aims to present the evolution of water quality parameters in water bodies around the three study areas, also conducting the new sampling of surface and groundwater. The analysis of the samples pointed high concentrations of physical and chemical parameters in water bodies around the dump, suggesting the existence of a contamination plume. The active and closed landfills, however, presented concentrations of all the analyzed parameters in accordance with national legislation, even with the high concentration of raw material in the collected slurry. Finally, the comparison between the three study sites confirmed the landfill as the suitable and most appropriate method for urban solid waste disposal.

Keywords: Sanitary landfill. Dump. Urban solid wastes. Contamination. Slurry.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. Resíduos Sólidos	16
3.2. Chorume, percolado e lixiviado	17
3.3. Lixões e Aterros Sanitários	17
3.4. Monitoramento Ambiental	19
3.5. Variáveis para avaliação da qualidade da água	20
4. METODOLOGIA	24
4.1. Localização	24
4.2. Compilação de dados relativos ao Lixão Santa Madalena	27
4.3. Compilação de dados relativos ao Aterro Sanitário Guaporé	28
4.4. Compilação de dados relativos à Central de Valorização de Resíduos Sólidos	29
4.5. Interpretação e comparação dos dados compilados e obtidos	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. Lixão Santa Madalena	31
5.1.1. Água Superficial	31
5.1.2. Água Subterrânea	32
5.2. Aterro Sanitário Guaporé	34
5.2.1. Água Superficial	34
5.2.2. Água Subterrânea	35
5.3. Central de Valorização de Resíduos Sólidos	36
5.3.1. Água Superficial	37
5.3.2. Água Subterrânea	37
5.4. Comparação entre os três locais de estudo	38
6. CONCLUSÃO	41
6.1. Sugestão de futuros trabalhos	42
REFERÊNCIAS	43
ANEXOS	46

ANEXO A – Água Superficial nas imediações do Lixão Santa Madalena	47
ANEXO B – Água Subterrânea nas imediações do Lixão Santa Madalena	48
ANEXO C – Chorume gerado no Aterro Sanitário Guaporé.....	52
ANEXO D – Água Superficial nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé.....	53
ANEXO E – Água Subterrânea nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé.....	55
ANEXO F – Chorume gerado na Unidade de Valorização Sustentável	61
ANEXO G – Água Superficial nas imediações da Unidade de Valorização Sustentável.....	62
ANEXO H – Água Subterrânea nas imediações da Unidade de Valorização Sustentável	66

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, há ocorrido um aprimoramento constante em legislações e normas ambientais no sentido de evitar - ou ao menos mitigar - os impactos ambientais resultantes das atividades humanas. Neste contexto, a disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos impõe-se como um tema de grande relevância no estudo da qualidade de diversos fatores ambientais, como a qualidade de recursos hídricos. Sendo assim, os resíduos dispostos em lixões e mesmo em aterros sanitários têm direta relação com o impacto ao meio ambiente e à saúde pública, estando associados a casos de contaminação de solos e águas superficiais e subterrâneas.

Os métodos mais comuns de disposição final de resíduos sólidos urbanos, e mais relevantes para o desenvolvimento do projeto em questão, são os lixões e, mais ambientalmente adequados, os aterros sanitários, entre os quais existe uma diferença conceitual, operacional e primordialmente ambiental. A Política Nacional de Resíduos Sólidos explicitou por meio de prazos bem definidos a necessidade de se adotar o aterro sanitário como forma de disposição final de rejeitos. Segundo dados da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2016), 58,4% dos Resíduos Sólidos Urbanos gerados e coletados em 2016 foram dispostos em aterros sanitários, enquanto outros 41,6% ainda foram dispostos inadequadamente, em vazadouros a céu aberto, conhecidos como lixões, ou aterros controlados. Ao mesmo tempo, a geração de resíduos sólidos no país aumentou de 228.413 toneladas por dia em 2000 (IBGE, 2000) para 259.547 toneladas por dia em 2008 (IBGE, 2008), havendo uma alta necessidade de medidas para reduzi-los, reutilizá-los, reciclá-los ou dispô-los corretamente em aterros sanitários.

No município de São Carlos, no interior do estado de São Paulo, existem um lixão desativado e dois aterros sanitários - um desativado e um em operação. O lixão desativado, conhecido como lixão Santa Madalena, originou-se a partir de uma voçoroca de grandes dimensões que, entre os anos de 1980 e 1996, foi utilizada como depósito de resíduos domiciliares, serviços de saúde e industriais, sem qualquer método de proteção ambiental e da saúde pública (LOPES, 2003). Assim sendo, o lixão em questão teve sua pluma de contaminação relacionada principalmente à água subterrânea analisada em 2015 por meio de coletas feitas através de poços de monitoramento instalados no local (ANDRADE, 2015), que indicaram concentrações de metais pesados acima do permitido para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB, 2014). O

lixão foi encerrado em 1996, com a entrada em funcionamento do aterro sanitário municipal, Aterro Sanitário Guaporé, localizado na Fazenda Guaporé, com área total de 10,63 hectares. O aterro, que no ano de 2008 obteve nota 8,5 de acordo com dados do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares do Estado de São Paulo, indicando condições adequadas, foi encerrado em 2013. O Aterro Sanitário Novo, também conhecido como Central de Valorização de Resíduos Sólidos de São Carlos (CVR), por sua vez, foi inaugurado em 2013 e proporcionará ao município uma economia mensal considerável, uma vez que não será mais necessário realizar o transporte do resíduos sólidos para o aterro sanitário de Guatapará. A CVR atende todas as normas de adequação exigidas pela CETESB.

Considerando os impactos que podem ser gerados pelos lixões e aterros sanitários, é possível perceber a necessidade do monitoramento contínuo da qualidade dos lençóis freáticos e dos corpos hídricos ao redor dos mesmos. Os recursos hídricos têm um imenso valor econômico e um papel fundamental no abastecimento público e privado, fazendo com que a garantia de sua qualidade seja uma preocupação primordial. Falhas na construção e operação de aterros sanitários podem prejudicar de forma significativa as águas superficiais e subterrâneas, o solo e a atmosfera (CALVO et al., 2005), caso permitam que o chorume atravesse as camadas permeáveis do solo e atinja os lençóis freáticos ou seja carregado para corpos d'água próximos. No caso dos lixões, esta situação é facilitada pela ausência de impermeabilização de fundo e de sistemas de coleta de líquidos percolados, entre outros dispositivos.

No mais, aterros sanitários que ainda operam são mais frequentemente analisados, enquanto aterros e lixões desativados podem ter seus impactos de certa forma negligenciados uma vez que não há mais nenhuma atividade sendo realizada no local. Portanto, é de extrema importância reunir dados coletados e analisados anteriormente a respeito do Lixão Santa Madalena e do Aterro Sanitário Guaporé na cidade de São Carlos, bem como a realização de novas coletas, para que, observando-se a evolução histórica dos parâmetros de estudo, possa-se inferir quanto à qualidade dos recursos hídricos e a dimensão dos impactos. Concomitantemente, a comparação dos dados obtidos no lixão com os dados dos aterros sanitários, tanto o desativado quanto o novo, pode atestar a condição de adequabilidade do aterro sanitário como método de disposição final de resíduos.

2. OBJETIVOS

- Compilar os dados referentes aos parâmetros de qualidade para as águas subterrâneas e superficiais nas imediações do lixão Santa Madalena com base na literatura;
- Compilar os dados referentes aos parâmetros de qualidade para o chorume e para as águas subterrâneas e superficiais nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé e da Central de Valorização dos Resíduos Sólidos;
- Avaliar comparativamente a evolução dos parâmetros nos três locais;
- Avaliar a adequabilidade dos aterros sanitários de São Carlos;
- Confirmar o aterro sanitário como método adequado para disposição final de rejeitos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Resíduos Sólidos

A Lei Federal nº 12305/10 que, em conjunto com seu decreto regulamentador 7404/10, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos define resíduos sólidos como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido”. Nesta definição também estão inclusos os gases contidos em recipientes e “líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (BRASIL, 2010, p.85).

A norma NBR 10.004 classifica os resíduos, segundo sua periculosidade, em duas classes: perigosos, quando apresentam uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, toxicidade, patogenicidade, reatividade ou corrosividade; e não perigosos, divididos em inertes, onde não há nenhum constituinte solubilizado em concentração superior à da potabilidade de água, e não inertes, que podem ser solúveis em água, biodegradáveis ou apresentar combustibilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004). A lei nº 12.305/10, em seu artigo 13, §2º, acrescenta outras três características que conferem periculosidade ao resíduo: carcinogenicidade, mutagenicidade e teratogenicidade (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos podem, também, ser classificados de acordo com sua origem: resíduos sólidos urbanos (domiciliares e de limpeza urbana), resíduos de serviços de saúde, resíduos cemiteriais, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de mineração e resíduos de serviços de transportes. A NBR 10.004 ressalta a importância de se realizar uma caracterização criteriosa do resíduo sólido, considerando-se em sua avaliação as matérias-primas, insumos e processos que o originaram (ABNT, 2004). Esta classificação envolve, portanto, a identificação detalhada da atividade que deu origem ao resíduo, seus constituintes e principais características e, por fim, a comparação de suas propriedades com outros resíduos e substâncias que tenham seus impactos a saúde e ao meio ambiente conhecidos (ABNT, 2004).

A classificação dos resíduos sólidos e conhecimento aprofundado de suas características fornecem um embasamento para a adoção das melhores práticas e medidas envolvendo sua

disposição final a fim de mitigar, ou ao menos reduzir, os impactos ambientais e à saúde humana. Cada tipo de resíduo, como já mencionado, possui características e substâncias diferentes, as quais constituirão o chorume, líquido originado a partir de sua decomposição (ABNT, 1992).

3.2. Chorume, percolado e lixiviado

É bastante importante, no que diz respeito à análise da qualidade de recursos hídricos nas imediações de lixões e aterros sanitários, definir de maneira adequada os líquidos que podem causar a contaminação.

O chorume, primeiramente, é originado a partir da decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, tendo majoritariamente, em sua composição, substâncias com alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). As substâncias presentes no chorume, ao entrarem em contato com corpos d'água, podem causar um impacto bastante significativo na dinâmica local, como uma queda brusca na concentração de Oxigênio Dissolvido para degradação da matéria orgânica.

O percolado, por sua vez, consiste na água da chuva que infiltra no solo e carrega o chorume através do meio poroso (ABNT, 1992; SCHALCH, 1984), podendo alcançar lençóis freáticos e causar uma grande pluma de contaminação.

O lixiviado, por fim, é o líquido oriundo da mistura do chorume com o percolado e, portanto, possui características específicas do resíduo sólido a partir do qual o chorume foi originado. O lixiviado possui diferentes fases, relacionadas ao chorume que lhe deu origem (podendo ser a fase ácida, quando o aterro está em fase de início e o chorume é “novo”, e a fase metanogênica, quando a microbiota já está bem desenvolvida e o chorume é “velho”), e isto gera um desafio bastante grande para seu controle e tratamento (CALIJURI; CUNHA, 2013). O conhecimento das características permite uma melhor identificação dos possíveis impactos e métodos de mitigação caso haja contaminação.

3.3. Lixões e Aterros Sanitários

No Brasil, a disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem caminhado para uma disposição final cada vez mais adequada, uma vez que mais da metade da quantidade gerada já tem sido encaminhada para aterros sanitários. Segundo a ABRELPE (2016), foram gerados, no ano de 2016, 78,3 milhões de toneladas de RSU no Brasil. Deste valor, 58,4%, correspondente a 41,7 milhões de toneladas, foram encaminhados para aterros sanitários. Em contrapartida, 41,6%

destes resíduos, correspondentes a um total de 29,7 milhões de toneladas, foram enviados a lixões e aterros controlados, métodos de disposição considerados inadequados pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Os lixões, também conhecidos como vazadouros a céu aberto, possuem uma grande diferença operacional, conceitual e ambiental quando comparado aos aterros sanitários, método cada vez mais utilizado desde a implantação da PNRS e muito mais adequado em todos os âmbitos.

Os vazadouros a céu aberto, segundo Velozo (2006), são áreas destinadas a receber resíduos sólidos sem tratamento, onde não houve nenhuma preparação prévia do solo. Em outras palavras, o lixão é basicamente uma área onde os resíduos, sem distinção de tipo, são descarregados sobre o solo, em locais afastados de centros urbanos. Neste caso, resíduos inertes são dispostos juntamente aos resíduos perigosos, podendo acarretar na contaminação das camadas permeáveis do solo, de corpos d'água ao redor e de lençóis freáticos e, conseqüentemente, comprometendo o meio ambiente e a saúde pública (VELOZO, 2006). Isto ocorre através do chorume gerado a partir da degradação da matéria orgânica dos resíduos depositados e também da precipitação no local.

O aterro sanitário, por sua vez, segundo a norma NBR 8419, consiste em um método de disposição dos resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à segurança e minimizando os impactos ambientais. Em sua construção, são utilizados princípios de engenharia para impermeabilizar o solo, confinar os resíduos “à menor área possível” e reduzi-los “ao menor volume permissível”, e os rejeitos são cobertos com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, caso seja necessário (ABNT, 1992). É muito importante que o projeto, a construção e a operação de um aterro se deem de forma adequada, pois assim os lixiviados gerados podem ser drenados e tratados, como previsto pela norma NBR 8419. Nos aterros sanitários, além do sistema de impermeabilização, é imprescindível que haja um sistema de drenagem superficial, um sistema de drenagem de gases e um sistema de drenagem de líquidos percolados, não permitindo o contato dos mesmos com o solo, a água e o ar.

Os aterros controlados, de maneira bastante breve, consistem em um método de disposição intermediário. De acordo com Monteiro et al. (2001), eles possuem algumas características que o tornam mais adequado do que os lixões, como um controle dos resíduos

dispostos com base em suas classificações e a cobertura dos mesmos com material argiloso, porém, por não possuírem as estruturas de impermeabilização, sistemas de coleta de líquidos e gases, entre outros aspectos de adequabilidade exigidos, são considerados igualmente inadequados pela PNRS, devendo sua utilização ser extinta em conjunto com os lixões.

Como alternativa e perspectiva positiva em relação aos impactos ambientais gerados pela disposição inadequada de resíduos em lixões e aterros controlados, em 2010 foi sancionada e regulamentada a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Dentre outras regulamentações, a PNRS prevê que a geração de resíduos seja primeiramente reduzida, em segundo caso os resíduos gerados sejam reutilizados e em último caso destinados a processos adequados de reciclagem. Caso realmente nenhum dos três seja possível, o resíduo deverá passar por um processo de tratamento considerando sua classificação e características e ser então disposto adequadamente em aterros sanitários, com impermeabilização da base e dos taludes seguindo todos os critérios que sejam pertinentes. Além disso, visando a mitigação de impactos ambientais relacionados à disposição final de resíduos sólidos, a PNRS havia inicialmente definido que até 2014 todos os lixões do país deveriam ser extintos, prazo este redefinido para 2021.

3.4. Monitoramento Ambiental

Ao mesmo tempo em que se busca o encerramento dos lixões e a sua substituição por aterros sanitários, é fundamental acompanhar as condições ambientais nas suas imediações, pois mesmo após o fim das atividades nestes locais, os processos biológicos ainda persistem, com a consequente geração de lixiviado. Os chamados processos de monitoramento ambiental consistem geralmente na avaliação e controle da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, da poluição do ar e da pluviometria. Para o controle das águas subterrâneas, são coletadas amostras de poços de monitoramento, mensalmente ou a cada dois ou três meses; são também coletadas amostras de corpos d'água a montante e a jusante do local, geralmente com a mesma frequência (BOSCOV, 2008).

Os próprios aterros de resíduos têm como requisito de projeto a previsão de execução de ações de monitoramento durante e após sua vida útil, neste caso como parte de seu plano de encerramento (ABNT, 1992). O monitoramento dos aterros de resíduos compreende um conjunto de medidas que podem abranger desde a inspeção visual, para buscar indícios de erosões, trincas ou cavidades, à medição de vazões de lixiviado coletadas pelo sistema de drenagem do revestimento de fundo, passando pela análise química de amostras de água coletadas nos poços

de monitoramento (BOSCOV, 2008). Assim, lembra a autora, o monitoramento pode ter as funções de detectar problemas ou de avaliar desempenhos, sendo essencial para o desenvolvimento de projetos mais seguros e econômicos, tendo sua eficiência aumentada quando os dados obtidos são comparados com previsões baseadas em possíveis cenários.

De acordo com Torres et al. (1997), as quantidades de chorume produzidas nos diferentes aterros sanitários e lixões podem variar de acordo com a classificação dos resíduos sólidos armazenados no local, com as características relacionadas a umidade, precipitação, vento, evaporação e temperatura na região e com as condições em que o aterro ou lixão é operado, além da idade do local. Além disso, o lixiviado gerado nestes locais, normalmente, apresenta uma elevada concentração de matéria orgânica, quantidades consideráveis de metais tóxicos e outras substâncias inorgânicas, altas variações de pH e altos valores de sólidos totais, sólidos dissolvidos e nitrogênio amoniacal (TORRES et al., 1997), podendo conferir aos corpos hídricos índices de qualidade bastante inferiores aos estabelecidos pela legislação em casos de contaminação.

3.5. Variáveis para avaliação da qualidade da água

A fim de descrever os parâmetros utilizados para determinar a qualidade de amostras de águas superficiais e subterrâneas, foram listados os principais indicadores a serem analisados a fim de se detectar contaminações através do chorume.

O Oxigênio Dissolvido (OD), primeiramente, é fundamental para preservação da vida aquática, segundo a Agência Nacional das Águas (ANA). Ao atingir o corpo hídrico, o chorume causa uma elevação considerável em sua carga orgânica, e para degradá-la, as bactérias aeróbias utilizam o oxigênio, podendo diminuir drasticamente sua concentração no corpo hídrico e causar a morte de diversos organismos. Assim, é necessário monitorar as concentrações de OD nos corpos d'água verificando se respeitam os limites mínimos estabelecidos pelas legislações aplicáveis.

De acordo com a ANA, o Potencial Hidrogeniônico (pH), por sua vez, pode afetar diretamente a fisiologia dos organismos aquáticos e favorecer a ocorrência de substâncias tóxicas, como a precipitação dos metais tóxicos, caso este parâmetro se encontre fora da faixa ótima estabelecida pela CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), a qual varia entre 6 e 9. Estes metais, portanto, quando em altas concentrações, podem se acumular nos organismos e alterar suas atividades metabólicas. Os metais tóxicos mais comuns, ao se tratar de contaminações por lixões e aterros sanitários, são o chumbo, cádmio, mercúrio, ferro, manganês, magnésio, potássio, sódio,

entre outros, os quais devem ser constantemente monitorados a fim de preservar as boas condições do corpo hídrico, a qualidade de vida dos organismos aquáticos e a saúde humana, uma vez que o corpo hídrico em questão pode ser utilizado para abastecimento. No ser humano, as complicações por exposição excessiva a esses metais podem ir desde irritações em olhos e nariz até graves complicações em órgãos vitais, como fígado e rins (CASTRO, 2006).

Ainda considerando os parâmetros químicos, o cloreto (Cl^-), segundo a CETESB (2016) é rotineiramente encontrado em análises de amostras de água de diferentes corpos hídricos, pode ser originado por atividades geológicas e antrópicas e é fundamental em importantes processos fisiológicos. No entanto, concentrações excessivas de cloreto podem conferir desde um sabor salgado a água até a corrosão de tubulações hidráulicas. Além disso, o cloreto em excesso pode interferir na análise da DQO e de nitratos, devendo ser controlado para que o monitoramento da qualidade da água não seja comprometido (CETESB, 2016).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), segundo a CETESB (2016), pode ser descrita como a quantidade de oxigênio necessária para degradação da matéria orgânica presente na amostra de água. Assim, o aumento da concentração de DBO em determinado corpo hídrico indica uma alta carga orgânica, e pode ser oriundo de despejos predominantemente orgânicos. A Demanda Química de Oxigênio (DQO), por sua vez, consiste na quantidade de oxigênio que é necessária para oxidar a matéria orgânica presente em determinada amostra de água utilizando um agente químico, geralmente o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). A DBO e a DQO estão relacionadas: enquanto a DBO mede apenas a fração biodegradável da amostra, quanto mais ela se aproxima do valor identificado para a DQO, mais biodegradável é o efluente. Quando a concentração de DQO supera a de DBO mais do que três vezes mais, no entanto, tratamentos biológicos podem correr o risco de serem ineficientes, uma vez que a alta fração não biodegradável da amostra pode exercer um efeito tóxico nos microrganismos (CETESB, 2016).

Finalizando os parâmetros químicos mais relevantes para este projeto, tem-se a série de nitrogênio, a qual se divide em nitrogênio orgânico, amoniacal (ambas formas reduzidas), nitrato e nitrito (ambas formas oxidadas). Segundo a CETESB (2016), os compostos de nitrogênio funcionam como ótimos indicadores de poluição, uma vez que o nitrogênio orgânico é predominante nas zonas de degradação, o nitrogênio amoniacal na zona de decomposição ativa, o nitrito na zona de recuperação e, por fim, o nitrato em regiões de águas limpas. O nitrogênio, no entanto, por ser um macro nutriente e segundo elemento mais exigido pelas células vivas, pode

propiciar o crescimento de algas e outros seres vivos que o utilizam (em conjunto com o fósforo e outros nutrientes), ocasionando uma possível eutrofização do corpo hídrico (CETESB, 2016). Assim, é importante que suas concentrações se mantenham controladas e de acordo com a legislação (Tabela 1).

Para o presente trabalho, o nitrogênio amoniacal é bastante relevante, uma vez que está diretamente relacionado ao chorume. Zonas de decomposição ativa em corpos hídricos, indicadas por altas concentrações de nitrogênio amoniacal, podem indicar, conseqüentemente, uma alta carga orgânica. No caso de lixões e aterros sanitários, esta carga orgânica em corpos hídricos próximos pode indicar contaminação pelo lixiviado, uma vez que o chorume possui, geralmente, DBO e DQO bastante elevadas.

Quanto às variáveis físicas, a condutividade, segundo a CETESB (2016), é um fator fundamental a ser analisado em amostras de água, uma vez que expressa sua capacidade em conduzir corrente elétrica. Em outras palavras, a condutividade indica a quantidade de sais presentes na água, representando indiretamente a concentração de poluentes, portanto uma alta condutividade é um indicador de contaminação do corpo hídrico. Conforme a quantidade de sólidos dissolvidos na água aumenta, a condutividade sofre também um aumento.

A Série de Sólidos consiste em outro parâmetro físico bastante importante, uma vez que corresponde a toda matéria que permanecerá como resíduo mesmo após qualquer processo que a amostra de água for submetida. O aumento na concentração de sólidos pode trazer danos à vida aquática como um todo, prejudicar leitões de desovas de peixes, reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos corpos d'água e até promover corrosão em leitões de rios e sistemas de distribuição de água (CETESB, 2016).

A fim de determinar a quantidade de sólidos presentes na amostra de água, a turbidez é outro parâmetro físico analisado. Esta variável indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a amostra devido à presença de sólidos em suspensão e detritos orgânicos. Uma alta turbidez pode prejudicar os processos fotossintéticos devido ao impedimento da passagem de luz, impactando a dinâmica da vida aquática presente e, conseqüentemente, os diversos usos da água (CETESB, 2016).

Por fim, quanto aos principais parâmetros microbiológicos analisados nas amostras de água, têm-se os coliformes termotolerantes, também representados pela *Escherichia coli* (*E. coli*). A *E. coli* é de origem necessariamente fecal, sendo raramente encontrada em locais onde não

houve contaminação por fezes humanas. Assim, os coliformes termotolerantes não são indicadores tão eficientes quanto a *E. coli*, apesar de serem aceitos como padrões para avaliar a qualidade da água. No entanto, para analisar a qualidade de águas superficiais destinadas a abastecimento, recreação, piscicultura ou irrigação, são necessariamente utilizados os coliformes fecais como padrão (CETESB, 2016).

4. METODOLOGIA

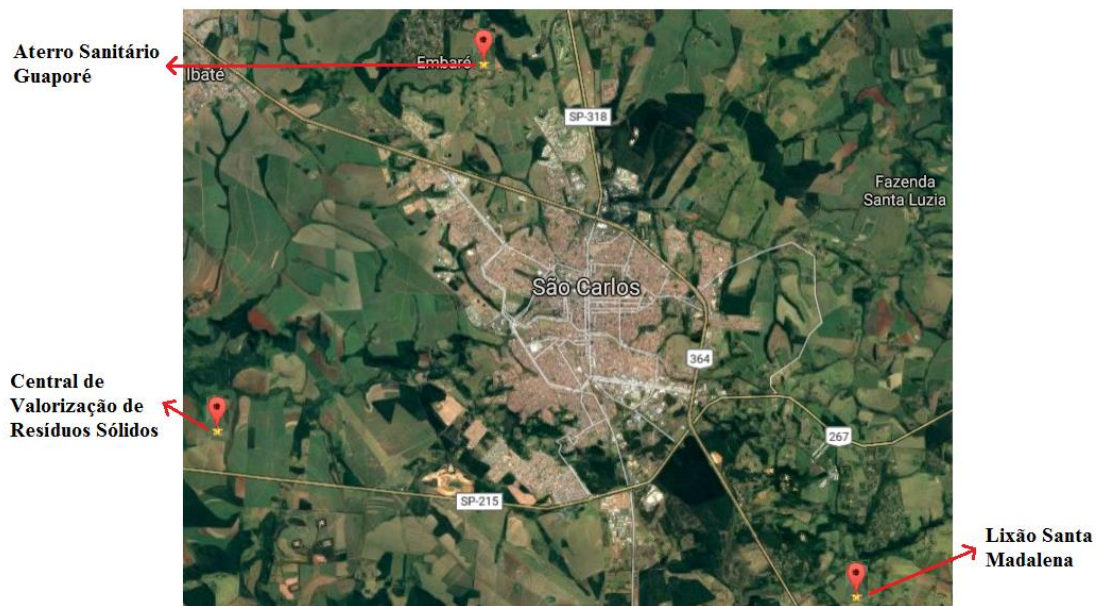
4.1. Localização

A cidade de São Carlos, no interior paulista, faz parte da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré e pertence ao maior manancial de água doce subterrânea do mundo: o Sistema Aquífero Guarani (SAG). De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009), o SAG possui 1.196.500 km² de extensão e estima-se uma quantidade de água de 46.000 km³ (ARAÚJO; FRANÇA; PORTER, 1995), distribuída entre o Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. Atualmente, mais da metade do volume de água para abastecimento da cidade de São Carlos é oriundo do SAG.

O lixão Santa Madalena encontra-se na Fazenda Santa Madalena, no município de São Carlos, no interior paulista. O acesso ao local está localizado no km 2 da estrada de terra que liga São Carlos a Analândia, aproximadamente na altura do km 221 da Rodovia Washington Luiz. O aterro sanitário Guaporé, por sua vez, localiza-se na Fazenda Guaporé, distando 15 km do centro da cidade. Por fim, a Central de Valorização de Resíduos Sólidos de São Carlos localiza-se no km 162 da Rodovia Luiz Augusto de Oliveira, sentido Ribeirão Bonito.

A Figura 1 mostra a localização dos pontos em relação à área urbana do município:

Figura 1: Localização dos pontos de interesse em relação à área urbana de São Carlos



Fonte: Adaptado de Google Maps (2017)

Para melhor visualização, as Figuras 2 a 4 apresentam uma imagem mais aproximada de cada um dos três locais de estudo:

Figura 2: Lixão Santa Madalena



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 3: Aterro Sanitário Guaporé



Fonte: Google Earth (2018)

Figura 4: CVR



Fonte: Google Earth (2018)

Os resultados dos parâmetros analisados no Lixão Santa Madalena, no Aterro Sanitário Guaporé e na Central de Valorização de Resíduos Sólidos foram apresentados nas Tabelas 2 a 25. A evolução dos parâmetros para o lixão e os aterros foi primeiramente analisada separadamente,

e então os três foram comparados entre si. Além disso, as variáveis dos três locais foram comparadas aos Valores Máximos Permitidos (VMP) da Portaria MS n° 2914, do Ministério da Saúde, aos Valores de Intervenção para Águas Subterrâneas determinados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e por fim aos Valores Máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005, os quais estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores orientadores para os parâmetros analisados no Lixão Santa Madalena, no Aterro Sanitário Guaporé e na Central de Valorização de Resíduos Sólidos de São Carlos

	Parâmetro	Unidade	Portaria MS 2914/2011 - VMP	CETESB - VI	CONAMA 357/2005 - VM
Parâmetros de Campo	pH	-	-	-	6 < pH < 9
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	> 6
Parâmetros Físico-Químicos	Alumínio	mg/L	0.2	-	0.1
	Chumbo	mg/L	0.01	0.01	0.01
	Cloreto	mg/L	250	-	250
	DBO	mg/L	-	-	3
	Ferro	mg/L	0.3	-	0.3
	Fosfato	mg/L	-	-	-
	Magnésio	mg/L	-	-	-
	Manganês	mg/L	0.1	-	0.1
	Nitrato	mg/L	10	10	10
	Nitrito	mg/L	1	-	1
	Nitrogênio Amoniacal	mg/L	1.5	-	3.7 (pH ≤ 7.5); 2 (7.5 < pH ≤ 8); 1 (8 < pH ≤ 8.5); 0.5 (pH > 8.5);
	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1000	-	500
Parâmetros Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i>	Ausência	Ausência em 100 mL	-	Ausência em 100 mL
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	mg/L	0.005	0.005	0.005
	Tolueno	mg/L	0.17	0.7	-

Fonte: Adaptado de CETESB (2014), Brasil (2005, 2011).

A Portaria MS n° 2.914, de 12 de Dezembro de 2011, a qual “*dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu*

padrão de potabilidade”, fornece os Valores Máximos Permitidos para diversos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e orgânicos, a fim de garantir a qualidade da água para que a mesma possa ser destinada ao consumo humano.

A CETESB, por sua vez, estabelece três valores: Valor de Referência de Qualidade (VRQ), Valor de Prevenção (VP) e Valor de Intervenção (VI). Enquanto o primeiro indica concentrações máximas de substâncias para que a água subterrânea seja considerada limpa e própria ao consumo, o segundo indica valores destas substâncias que podem conferir alterações prejudiciais à qualidade da mesma. O último, e mais importante no desenvolvimento deste projeto, define-se como a concentração de determinada substância na água subterrânea que confere riscos potenciais à saúde humana, e por isso foi utilizado para fins de comparação com os resultados obtidos nas coletas e análises no Lixão Santa Madalena, no Aterro Sanitário Guaporé e na Central de Valorização de Resíduos Sólidos.

Por fim, a Resolução CONAMA nº 357, a qual *“dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”*, define valores máximos de acordo com a classificação dos corpos hídricos. No caso do projeto, foram adotados os valores para águas doces de Classe I, as quais são destinadas ao abastecimento público (após processo simples de desinfecção), preservação do equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

É válido ressaltar, por fim, que, quando o valor máximo permitido de alguma variável era divergente entre as três referências, foi considerado o valor mais restritivo.

4.2. Compilação de dados relativos ao Lixão Santa Madalena

A partir de estudos previamente realizados referentes às águas subterrâneas (ANDRADE, 2015) e superficiais (GADOTTI, 1997), foi possível reunir os resultados obtidos para os parâmetros relativos à qualidade dos corpos hídricos nas imediações do lixão Santa Madalena, bem como caracterizar esta área de estudo com base nos possíveis impactos gerados pelo chorume originado no local.

No que diz respeito à água subterrânea, foram compilados os dados relativos a quatro análises, as quais ocorreram em Dezembro de 2012, Fevereiro, Abril e Julho de 2013, em cinco poços de monitoramento: um a montante, três a jusante e um dentro da área de influência do lixão (ANDRADE, 2015). Os dados foram obtidos da monografia da autora, cujo desenvolvimento se

deu através da realização das coletas em cada ponto mencionado e sua posterior análise. No trabalho, não foram apresentadas as coordenadas do ponto de coleta, dificultando uma análise mais precisa dos impactos apontados.

No caso da água superficial, foram realizadas coletas a montante e a jusante do lixão no primeiro semestre de 1996, no Córrego São José, e uma média das variáveis foi obtida (GADOTTI, 1997). Os dados foram obtidos da Dissertação do autor para obtenção de título de Mestre em Hidráulica e Saneamento, a qual também consistiu nas coletas locais e posterior análise. Assim como a água subterrânea, não foram apresentadas no trabalho as coordenadas dos pontos de captação. É importante ressaltar, também, que foram utilizados dados de 1996 devido a não terem sido encontrados dados mais recentes, tornando-se fundamental um novo estudo na área a fim de monitorar a pluma de contaminação ao longo de todos os anos decorridos.

As principais variáveis analisadas para o Lixão Santa Madalena foram o pH, condutividade, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), teores de coliformes totais, cloreto, metais, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl e série de sólidos.

Nas tabelas, encontradas nos Anexos A e B, foram destacados os parâmetros em discordância com a legislação, ilustrados na Tabela 1.

4.3. Compilação de dados relativos ao Aterro Sanitário Guaporé

Nesta etapa do projeto, houve uma alteração na metodologia. Originalmente, seriam realizadas três coletas de água subterrânea e de água superficial nas imediações do aterro, com um intervalo de três meses entre si. A coleta de água subterrânea no aterro sanitário Guaporé seria feita através de poços de monitoramento, sendo um localizado a montante e três localizados a jusante do aterro. De maneira análoga, a coleta de água superficial seria feita a montante e a jusante do aterro no corpo hídrico mais próximo, no caso, o Córrego do Galdino.

No entanto, a *São Carlos Ambiental*, concessionária responsável pelos serviços de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos domiciliares e dos serviços de saúde de São Carlos, havia solicitado coletas e análises do chorume, da água subterrânea e da água superficial do Aterro Sanitário Guaporé na mesma época desta pesquisa, as quais foram realizadas nos dias 29 de Junho e 30 de Setembro de 2016. As amostras de água subterrânea foram coletadas em seis poços de monitoramento, todos localizados a jusante do aterro, enquanto a água superficial foi coletada em dois pontos distintos, um a montante e outro a jusante do

aterro. Ressalta-se que o poço de monitoramento a montante do aterro havia sido danificado por uma obra da Prefeitura e um novo poço ainda não havia sido perfurado, justificando, portanto, a ausência de análises de água subterrânea a montante. Assim, como as variáveis analisadas e os procedimentos para coleta e análise de amostras solicitadas pela *São Carlos Ambiental* eram similares aos do projeto inicial, os relatórios com os resultados das análises foram providenciados pela mesma, e o presente relatório foi desenvolvido com base nestes documentos.

É importante ressaltar que, para nenhum dos pontos de coleta, foram concedidas as coordenadas. Este fator compromete uma análise mais precisa da contaminação existente, uma vez que os pontos podem ser distantes do aterro e muitas variáveis já terem sido naturalmente atenuadas até o ponto de coleta.

As variáveis consideradas para o Aterro Sanitário Guaporé foram praticamente as mesmas do Lixão Santa Madalena mencionados no item anterior, adicionando-se apenas a concentração de sólidos totais, óleos e graxas e alguns componentes orgânicos (benzeno e tolueno).

Assim como os dados do lixão, foram destacados nas tabelas encontradas nos Anexos C, D e E os parâmetros fora do exigido pela legislação.

4.4. Compilação de dados relativos à Central de Valorização de Resíduos Sólidos

De maneira análoga ao Aterro Sanitário Guaporé, a *São Carlos Ambiental* forneceu relatórios contendo análises das principais variáveis de campo, físico-químicas e microbiológicas das águas subterrânea e superficial nas imediações da CRV, além de informações a respeito do chorume. Para as análises da água, foram realizadas coletas em quatro pontos de um corpo hídrico superficial a jusante do aterro, e em três poços de monitoramento, um a montante e dois a jusante.

Assim como no Aterro Sanitário Guaporé, as coordenadas dos pontos de coleta e análise, tanto da água superficial quanto subterrânea, não foram informadas, comprometendo uma análise mais precisa da pluma de contaminação.

Foram realizadas quatro coletas: em 30 de Janeiro, 25 de Abril, 14 de Julho e 29 de Outubro de 2016. Os parâmetros analisados são bastante semelhantes aos do item anterior, e novamente foram destacados nas tabelas nos Anexos F, G e H os parâmetros que não estavam de acordo com a legislação.

4.5. Interpretação e comparação dos dados compilados e obtidos

Os dados compilados e analisados nas etapas 4.2, 4.3 e 4.4 foram unidos para fins de comparação. Os dados foram, primeiramente, divididos entre cada local, para a realização de uma série histórica mostrando como a contaminação se alastrou ou ficou retida no Lixão Santa Madalena, no Aterro Sanitário Guaporé e na Central de Valorização de Resíduos Sólidos individualmente, e como as características de cada um mudaram ao longo do tempo.

Em seguida, os dados de cada aterro e do lixão foram comparados entre si, para a avaliação da evolução dos parâmetros a jusante a montante e a confirmação do aterro sanitário como método de disposição final mais adequado aos resíduos sólidos com base em dados experimentais.

A representação da evolução e comparação das variáveis através de gráficos, tanto de cada local de estudo isoladamente quanto da comparação entre os três, foi adotada apenas em casos onde as alterações foram mais visuais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Lixão Santa Madalena

5.1.1. Água Superficial

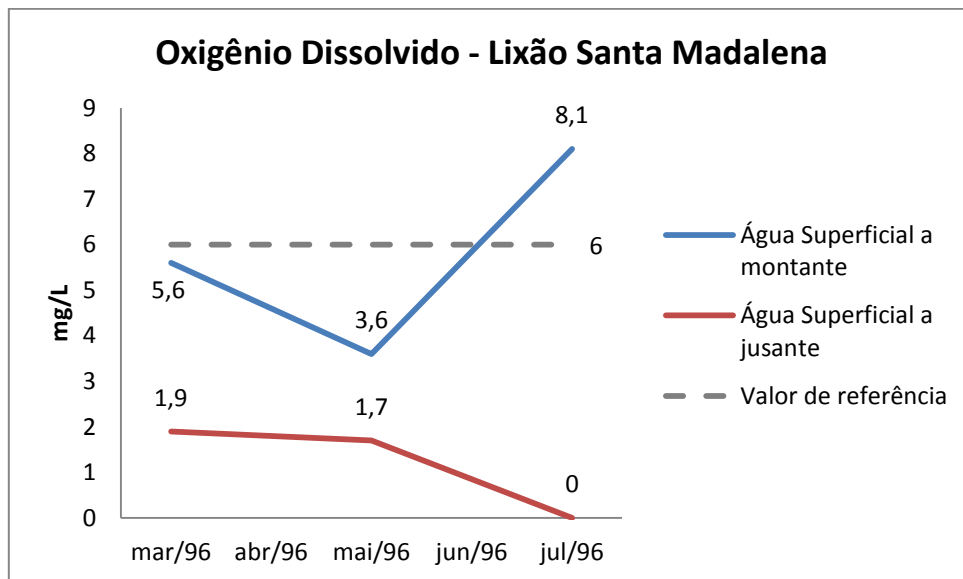
Os resultados para a água superficial a montante e a jusante do Lixão Santa Madalena foram apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, localizadas no Anexo A.

Os parâmetros para a Água Superficial a montante, em média, mantiveram-se constantes, com exceção da DQO, que subiu consideravelmente em Maio, porém retornou ao valor inicial na última análise. O aumento na DQO pode indicar um despejo industrial inadequado que ocorreu de forma pontual, e não usual, uma vez que o parâmetro retornou às baixas concentrações na análise seguinte. De acordo com as legislações, apresentadas na Tabela 1, a DQO em Maio apresentou-se bastante fora dos limites, assim como o Oxigênio Dissolvido, que só alcançou um limite mínimo na última coleta. O ferro, na última análise, ultrapassou os limites da legislação, podendo indicar alguma fonte de contaminação nas imediações, alheia ao lixão.

Já a amostra de água coletada a jusante (Tabela 3), apresenta concentrações superiores para praticamente todas as variáveis. Isto indica uma possível contaminação dos corpos hídricos superficiais nas imediações devido à falta de cobertura do lixão, através do carreamento dos metais pelo escoamento superficial após eventos chuvosos, e a falta de impermeabilização pode estar contaminando corpos hídricos subterrâneos, os quais afloram nos corpos superficiais. Nota-se que o oxigênio dissolvido presente é bastante inferior à concentração exigida pela legislação, possivelmente indicando uma quantidade excessiva de matéria orgânica que foi decomposta. Este excesso pode ser explicado, também, pela disposição de resíduos inadequados no lixão, os quais possuem alto teor de matéria orgânica e deveriam ser biodegradados previamente à disposição. É necessário que haja um acompanhamento constante e sejam desenvolvidos projetos de remediação da contaminação, para que a saúde humana e a dinâmica da vida aquática não sejam comprometidas.

As variações nas concentrações de Oxigênio Dissolvido a montante e a jusante do Lixão Santa Madalena, bem como sua relação com o valor mínimo estabelecido pela CONAMA nº357/2005, podem ser observadas na Figura 5:

Figura 5: Oxigênio Dissolvido a montante e a jusante do lixão Santa Madalena - Água Superficial



Fonte: Adaptado de Gadotti (1997) e Andrade (2015).

As variáveis analisadas para a Água Superficial, no entanto, são datadas de 1996, devido à impossibilidade de localizar dados mais recentes. Caso não tenha havido uma atividade para remediação, ou mesmo uma atenuação natural, a pluma de contaminação pode ter tomado maiores proporções ao longo dos anos. Assim, é fundamental a realização de um novo estudo, a fim de verificar as condições atuais dos corpos hídricos no local.

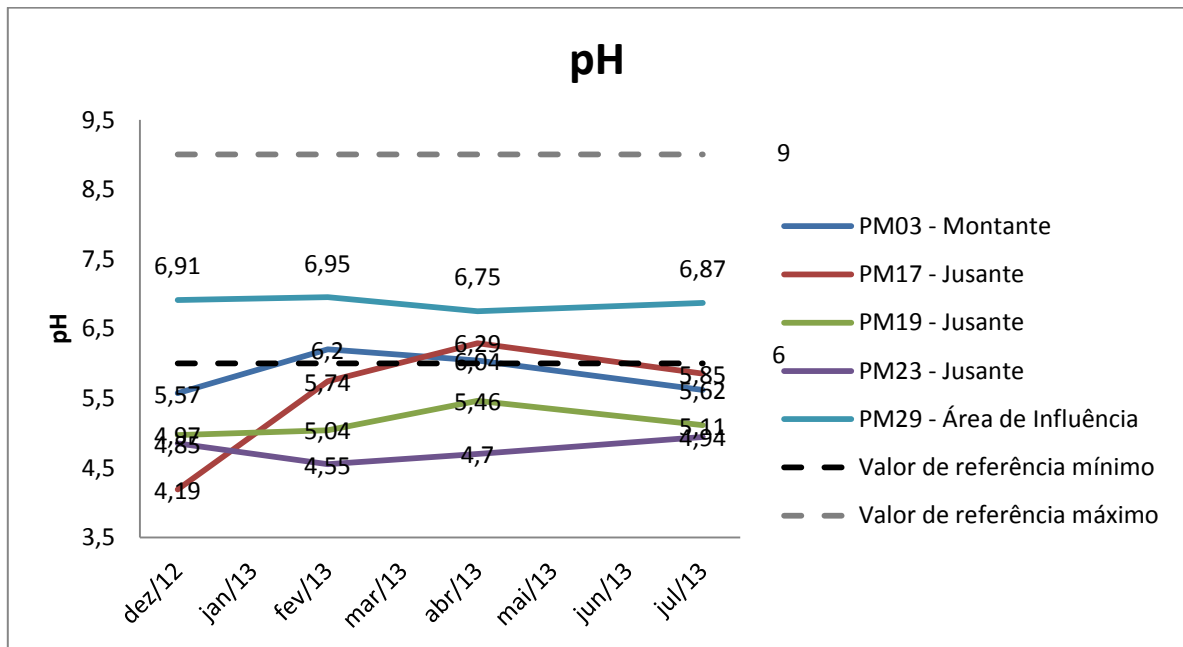
5.1.2. Água Subterrânea

Os resultados relativos à água subterrânea nas imediações do Lixão Santa Madalena foram apresentados nas Tabelas 4 a 8, localizadas no Anexo B. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos em um poço de monitoramento localizado a montante do lixão, as Tabelas 5 a 7 referem-se a poços localizados a jusante, e a Tabela 8 apresenta os resultados relativos a um poço de monitoramento localizado dentro da área de influência do lixão.

Realizando-se uma comparação mais geral entre as Tabelas 4 a 7, nota-se que há uma maior concentração de metais nas amostras de água oriundas dos poços a jusante do lixão, caracterizando uma possível contaminação através da percolação dos contaminantes até atingirem o lençol freático. O único metal cuja concentração foi consideravelmente superior a montante do lixão foi o magnésio, elemento essencial à saúde humana. O pH, nas amostras a jusante do lixão, é ligeiramente mais ácido do que na amostra a montante, podendo ser explicado pela maior

presença dos metais. Este pH nas amostras a jusante encontra-se, inclusive, fora da faixa determinada pela legislação (a qual varia entre 6 e 9, de acordo com a Tabela 1), podendo interferir nas atividades metabólicas dos organismos aquáticos, conforme já mencionado. As alterações no pH em amostras de água a montante, a jusante e dentro da área de influência do aterro sanitário podem ser observadas na Figura 6, evidenciando, inclusive, o pH mais ácido nas amostras a jusante.

Figura 6: pH na Água Subterrânea nas imediações do Lixão Santa Madalena



Fonte: Adaptado de Gadotti (1997) e Andrade (2015).

No que se diz respeito ao poço de monitoramento localizado dentro da área de influência do lixão, praticamente todos os parâmetros se encontram muito superiores aos valores das amostras dos outros poços, além de estarem em discordância com as legislações. A alta concentração de metais, especialmente o manganês, pode influenciar na vida aquática, e a DBO acima do permitido em todas as amostras indica um despejo constante de algum contaminante que possui alta carga orgânica, como o chorume. É possível notar, assim, a considerável influência do lixão na contaminação da área. A falta de impermeabilização do local torna muito mais fácil a percolação de contaminantes, além do fato de não haver uma seleção prévia dos resíduos ali dispostos, o que pode acarretar em tipos diferentes de contaminantes.

Foi relativamente comum observar que, tanto em poços de monitoramento a montante e a jusante quanto dentro da área de influência do Lixão Santa Madalena, algumas variáveis sofreram um pequeno aumento em relação à coleta anterior. Este fator pode ser explicado tanto pela expansão da pluma de contaminação, a qual pode ter atingido pontos que não haviam sido previamente contaminados, quanto por uma maior influência da decomposição da matéria orgânica. Portanto, faz-se necessário um monitoramento constante a fim de confirmar o lixão como origem da contaminação e verificar a efetividade de medidas de remediação adotadas.

5.2. Aterro Sanitário Guaporé

Na Tabela 09, localizada no Anexo C, foram apresentados os parâmetros relacionados ao Chorume gerado na decomposição dos resíduos dispostos no Aterro Sanitário Guaporé.

Conforme observado, o chorume possui valores muito acima dos limites estabelecidos pelas legislações, principalmente para DBO, DQO, Sólidos, Óleos e Graxas, Cloreto, Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes. Caso este chorume alcance corpos hídricos, causará uma forte alteração nos parâmetros da água e conseqüentemente em sua qualidade. Desta forma, é importante garantir que os sistemas de drenagem e coleta do chorume, além da impermeabilização, estejam funcionando corretamente a fim de não permitir este contato. O chorume coletado no aterro deve ser encaminhado para algum tratamento prévio para decompor a maior parte da matéria orgânica, e então pode ser destinado aos tratamentos convencionais na Estação de Tratamento de Esgoto do município.

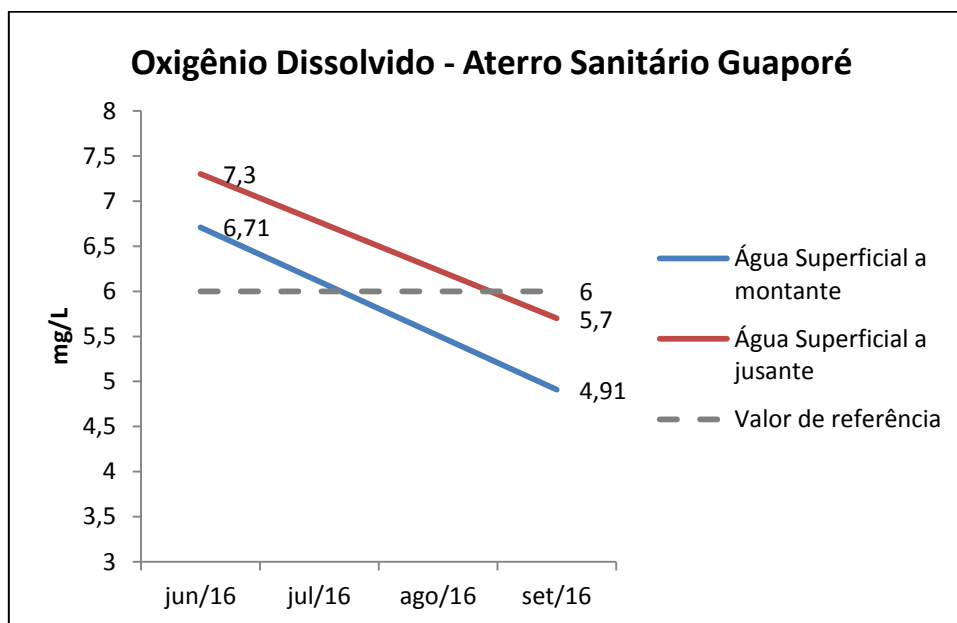
5.2.1. Água Superficial

Os resultados para a água superficial a montante e a jusante do Aterro Sanitário Guaporé estão apresentados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente, no Anexo D.

De acordo com as análises, é possível observar que, tanto a montante quanto a jusante do aterro, o corpo hídrico, no geral, apresenta parâmetros em conformidade com as legislações adotadas. Foram observadas, no entanto, apenas duas discordâncias na primeira análise, em ambos os pontos, relacionadas a parâmetros microbiológicos. Porém, na segunda análise, ambos foram controlados e passaram a se enquadrar na legislação. Como esta discordância ocorreu tanto a montante quanto a jusante do aterro, supõe-se que as atividades do aterro não tenham influência, e sim algum outro despejo irregular que alterou o equilíbrio do corpo hídrico tanto a montante quanto a jusante do aterro.

Além disso, outro fator que indica que o chorume, composto por alta carga orgânica, não está contaminando a água nas imediações do aterro, é que a concentração de Oxigênio Dissolvido possui o mesmo comportamento tanto a montante quanto a jusante do local, o que pode ser observado na Figura 7. Portanto, o fato do corpo hídrico não receber uma alta carga orgânica não demanda o consumo excessivo de Oxigênio por bactérias aeróbias a fim de decompor a mesma.

Figura 7: Oxigênio Dissolvido a montante e a jusante do Aterro Sanitário Guaporé - Água Superficial



Fonte: Adaptado de São Carlos Ambiental (2016).

Com base nos dados apresentados, portanto, é possível verificar que o Aterro Sanitário Guaporé não afeta negativamente a qualidade da água superficial do corpo hídrico mais próximo a ele, comprovando que o escoamento de quaisquer substâncias com parâmetros não conformes com a legislação está sendo devidamente controlado mesmo após a desativação do aterro.

5.2.2. Água Subterrânea

Nas Tabelas 12 a 17, localizadas no Anexo E, foram apresentados os valores dos parâmetros para a água subterrânea nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé, os quais representam amostras a jusante do aterro, como já mencionado.

No geral, os resultados para a água subterrânea nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé se encontram em concordância com os valores exigidos pela legislação. No entanto, os Poços de Monitoramento 02 e 03 apresentaram alguns valores com concentrações acima do

permitido (nitrato e nitrito no primeiro caso, e manganês e coliformes totais no segundo) na primeira coleta. Porém, devido a alguns imprevistos no local, não foram realizadas coletas nestes dois pontos na segunda data, o que impossibilitou a observação do controle destes parâmetros. É necessário, portanto, que sejam realizadas novas análises, em especial nestes dois poços, para averiguar o comportamento destes parâmetros.

O Poço de Monitoramento 05, na primeira coleta, apresentou a concentração de cloreto acima do permitido pela legislação. É possível observar, entretanto, que a variável foi controlada, uma vez que na coleta seguinte a concentração havia diminuído significativamente, podendo ser o resultado tanto de uma atenuação natural quanto de uma técnica de remediação empregada. Os demais poços apresentaram parâmetros conformes nas duas análises.

Quanto ao pH, os valores nos poços 03 a 07 não se encontram na faixa ideal de 6 a 9 estabelecida pela legislação, apenas no PM 02. No entanto, como o poço de monitoramento a montante havia sido danificado, impossibilitando as coletas e análises, não é possível afirmar que esta divergência é influenciada pelas atividades do aterro sanitário.

É possível observar que, no geral, a qualidade da água subterrânea não foi afetada pelas atividades do aterro mesmo após o seu encerramento. Os poucos parâmetros não conformes, como ocorreram em pontos isolados, podem ter sido gerados por fatores externos, porém podem ser controlados logo após a identificação da não conformidade.

Por fim, as variáveis que apresentaram concentrações significativamente altas no chorume, como DBO e DQO, não se apresentaram em desacordo com a legislação na água subterrânea. Isto confere um novo indício de que a cobertura e impermeabilização do aterro estão adequadas, não permitindo o acesso do lixiviado aos corpos hídricos subterrâneos.

5.3. Central de Valorização de Resíduos Sólidos

Assim como o Aterro Sanitário Guaporé, foram fornecidas análises do chorume gerado pelo Aterro Novo, as quais se encontram na Tabela 18, no Anexo F. Novamente, assim como no caso anterior, o chorume apresenta altas concentrações de diversos parâmetros, podendo-se destacar DBO, DQO e Cloreto, cujas concentrações se mantiveram altas ao longo das quatro coletas. É de extrema importância que haja estruturas adequadas para drenar e armazenar o chorume gerado no aterro sem que o mesmo entre em contato com corpos hídricos subterrâneos e superficiais. Para este fim, é muito comum o emprego de geossintéticos, cujos tipos possuem funções como drenagem, impermeabilização, filtração, reforços, entre outros.

5.3.1. Água Superficial

Os resultados dos parâmetros analisados para a água superficial nas imediações da Central de Valorização de Resíduos Sólidos foram apresentados nas Tabelas 19 a 22, localizadas no Anexo G. Como já mencionado, todos os pontos de coleta se encontram a jusante do aterro.

No geral, nos quatro pontos de coleta, os parâmetros se encontram de acordo com as legislações. Algumas exceções são encontradas nos Pontos 01, 03 e 04, principalmente em parâmetros microbiológicos, e no Ponto 01 a concentração de magnésio esteve acima do permitido em uma das análises. No entanto, para todos estes casos, as discordâncias já haviam sido corrigidas na última análise, e todos os parâmetros, nos quatro pontos de coleta, se encontravam conformes.

Nos quatro pontos, os parâmetros na primeira análise estavam conformes, e os poucos parâmetros que em algum momento estiveram não conformes foram na segunda ou terceira análise. Desta forma, pode-se dizer que, provavelmente, o aterro não foi responsável pelas não conformidades observadas, uma vez que ocorreram em momento exatos e a atividade do aterro é contínua. De qualquer modo, o monitoramento dos pontos foi extremamente positivo, pois permitiu a identificação das não conformidades e supõe-se que um tratamento das mesmas, proporcionando que todos os parâmetros estivessem conformes na última análise.

5.3.2. Água Subterrânea

Os parâmetros para a água subterrânea no Aterro Novo estão dispostos nas Tabelas 23 a 25, no Anexo H, sendo o Poço de Monitoramento 01 a montante e os Poços 02 e 03 a jusante.

Não foram observadas grandes divergências entre os três poços de monitoramento. A maior divergência observada foi um aumento na concentração de nitrato na segunda análise no Poço de Monitoramento 03, porém esta não conformidade se adequou e nas duas análises seguintes o parâmetro já se encontrava conforme.

Em todos os poços, pelo menos em alguma das quatro análises, a concentração de magnésio e alguns parâmetros microbiológicos estavam não conformes com a legislação, porém na maior parte dos casos estes fatores se adequaram ao longo das análises. Portanto, supõe-se que foi realizada uma remediação do local, ou mesmo uma atenuação natural. Além disso, como o comportamento dos parâmetros é similar entre o poço de monitoramento a montante e os poços a jusante, pode-se dizer que as discordâncias de alguns parâmetros em relação à legislação não são

ocasionadas pela CVR. De qualquer forma, é importante que haja um estudo sobre a origem da contaminação para que o corpo hídrico possa ser devidamente tratado e controlado.

Por fim, assim como percebido no Aterro Sanitário Guaporé, as variáveis que apresentaram concentrações significativamente altas no chorume, como Cloreto, DBO, DQO e alguns metais, se apresentaram conformes na água subterrânea, indicando a adequabilidade da cobertura e impermeabilização da CVR.

5.4. Comparação entre os três locais de estudo

Conforme esperado com base nas diferenças operacionais, conceituais e ambientais já citadas, houve uma divergência bastante significativa entre os parâmetros apresentados pelos corpos hídricos nas imediações do Lixão Santa Madalena e dos aterros em questão. Além dos parâmetros se alterarem consideravelmente entre os pontos a montante e a jusante do Lixão Santa Madalena, é muito maior a relação de parâmetros não conformes com a legislação no Lixão do que no Aterro Sanitário Guaporé ou na Central de Valorização de Resíduos Sólidos. Além disso, o fato dos parâmetros em pontos a montante e a jusante praticamente não se alterarem em corpos hídricos nas imediações dos dois aterros, tanto o desativado quanto o que está em funcionamento, mostra que as estruturas de impermeabilização e contenção de contaminantes em um aterro sanitário são, de fato, eficientes e fundamentais para que o ambiente ao redor não seja impactado.

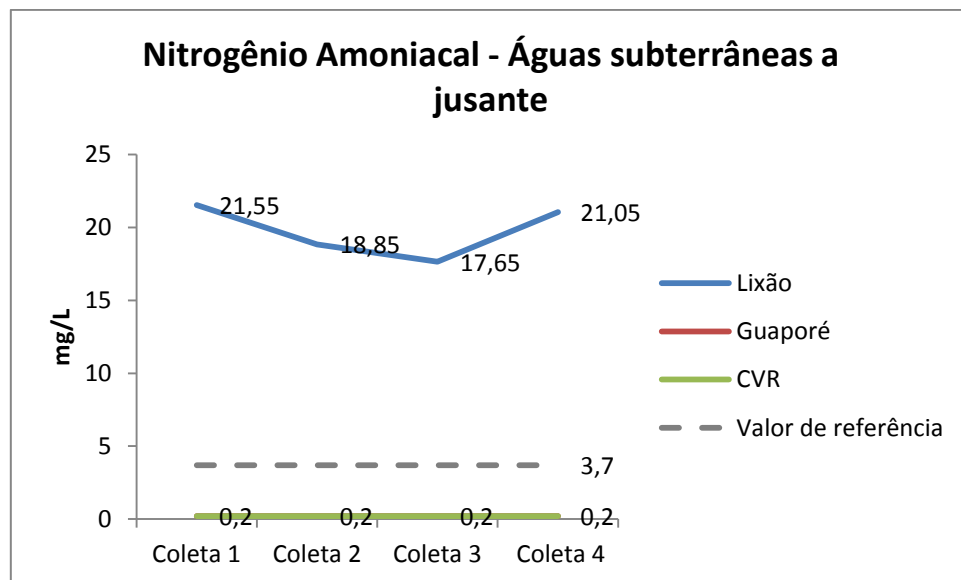
Primeiramente, é possível observar uma diferença considerável no comportamento do Oxigênio Dissolvido no Lixão Santa Madalena e no Aterro Sanitário Guaporé, ilustrado pelas Figuras 5 e 7. Enquanto o lixão apresenta concentrações de OD bastante discrepantes entre as amostras a montante e a jusante, o corpo hídrico próximo do aterro sanitário apresenta comportamento bastante similar entre os dois pontos. Assim, supõe-se que o chorume originado no lixão tem impactado o corpo hídrico, pois a alta carga orgânica do mesmo demanda Oxigênio pelas bactérias a fim de ser decomposta. No aterro, entretanto, estes efeitos não foram observados.

Ao analisar as variáveis referentes à água subterrânea a jusante do Lixão Santa Madalena (Tabelas 5 a 8), pode-se observar que as concentrações de metais, especialmente Alumínio, Chumbo, Ferro e Manganês, se encontram fora dos limites estabelecidos na Tabela 1 em praticamente todas as amostragens. No caso da água subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé (Tabelas 12 a 17) e da Central de Valorização de Resíduos Sólidos (Tabelas 24 e 25), no entanto, estes metais encontram-se dentro das faixas ideais em todas as amostragens.

A fim de verificar a adequabilidade das estruturas de impermeabilização do Aterro Sanitário Guaporé e da CVR, é possível notar que o chorume oriundo da decomposição dos resíduos nas duas localidades (Tabelas e 9 e 18, respectivamente) possui altas concentrações de DBO, DQO e Cloreto. Ao analisar as concentrações das mesmas variáveis para água superficial e subterrânea nos dois locais, percebe-se que as concentrações se encontram dentro dos limites permitidos pelas legislações (Tabela 1), não havendo, portanto, contato entre o chorume e os corpos hídricos.

O Nitrogênio Amoniacal, por fim, como já mencionado ao longo deste trabalho, é diretamente relacionado à alta carga orgânica, a qual está fortemente presente no chorume, e indica a presença de atividades de decomposição. A concentração desta variável na água superficial a jusante dos três locais de estudo foi ilustrada na Figura 8:

Figura 8: Nitrogênio Amoniacal na água superficial a jusante dos três locais de estudo



Fonte: Adaptado de Gadotti (1997), Andrade (2015) e São Carlos Ambiental (2016).

Na Figura 8, as concentrações de Nitrogênio Amoniacal para o Aterro Sanitário Guaporé e para a Central de Valorização foram as mesmas: inferior a 0,2 mg/L ao longo de todas as coletas. Portanto, as duas linhas são coincidentes no gráfico.

De acordo com a Tabela 1, a Portaria 2.914/2011 estabelece, como valor máximo permitido, a concentração de 1,5 mg/L de Nitrogênio Amoniacal. A CONAMA 357/2005, no entanto, estabelece os valores máximos relacionados a diferentes faixas de pH, sendo 3,7 mg/L o

valor para amostras com pH inferior a 7,5. A fim de conferir maior destaque para as diferenças entre as concentrações de Nitrogênio Amoniacal dos três locais de estudo, utilizou-se como referência no gráfico o valor mais permissivo, correspondente a 3,7 mg/L. Desta forma, é possível visualizar na Figura 4 que a variável nos dois aterros sanitários, ao longo das coletas, manteve suas concentrações bastante baixas (inclusive inferiores ao valor mais restritivo estabelecido pelas legislações adotadas), enquanto no lixão as concentrações foram altas e consideravelmente acima do valor máximo permitido mais permissivo. Assim, verifica-se a presença de decomposição ativa e, conseqüentemente, da presença de matéria orgânica na água subterrânea a jusante do lixão, indicando uma contaminação pelo lixiviado.

6. CONCLUSÃO

Os objetivos deste trabalho propuseram analisar os possíveis impactos negativos na água superficial e subterrânea nas imediações do lixão desativado, do aterro sanitário desativado e do aterro sanitário em vigor no município de São Carlos.

A primeira evidência da não adequabilidade de lixões como locais destinados à disposição de resíduos sólidos domiciliares é a considerável alteração dos parâmetros das amostras a jusante, tanto de água superficial quanto subterrânea, em relação às amostras a montante. Esta alteração mostra que o lixão, por não possuir barreiras de contenção, afeta a área negativamente e grande parte dos parâmetros analisados se apresenta não conforme com as legislações adotadas. Assim, sugere-se que haja um monitoramento constante da área e que sejam aplicadas técnicas de remediação e controle para que a pluma de contaminação não se estenda para outras áreas.

Os aterros sanitários, no entanto, apresentaram comportamentos bastante similares entre si. Além de não haver uma divergência muito significativa entre pontos a montante e a jusante, foram poucos os parâmetros que em algum momento não se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pelas legislações. Por serem casos pontuais, não é possível apontar nenhuma influência negativa do aterro sanitário e nem torná-lo responsável pela contaminação. Além disso, as amostras coletadas e analisadas do chorume mostram seu potencial para contaminação da área caso haja contato com o solo e corpos hídricos superficiais e subterrâneos. Porém, a conformidade dos parâmetros das amostras de água coletadas mostra que as estruturas de impermeabilização, drenagem e separação aplicadas no aterro são eficientes e completamente necessárias para manter as condições naturais do ambiente, sem nenhum efeito negativo gerado pela presença do aterro.

É importante ressaltar que o monitoramento constante das áreas mostrou-se fundamental, uma vez que, conforme pôde ser visto neste trabalho, foram identificados pontos de contaminação em determinada análises. Neste contexto, e considerando os resultados obtidos através da análise dos dados referentes ao Lixão Santa Madalena, é fundamental que seja realizado um novo estudo na área. Os dados mais recentes, e que foram utilizados neste trabalho, são de 1996 e, mesmo a área não estando mais em funcionamento, o aumento da pluma de contaminação pode ter sido negligenciado ao longo de mais de 20 anos.

Por fim, de acordo com todos os levantamentos bibliográficos anteriores e dos relatórios e análises fornecidos pela *São Carlos Ambiental*, foi possível comparar as amostras coletadas no Lixão Santa Madalena com as amostras do Aterro Sanitário Guaporé e da Central de Valorização de Resíduos Sólidos. As comparações realizadas entre as variáveis dos três locais de estudos trouxeram divergências consideráveis na qualidade das águas subterrâneas e superficiais nas imediações do lixão e dos aterros sanitários, notando-se um índice muito maior de conformidade com as legislações adotadas nos dois últimos locais. Portanto, tendo em vista o menor índice de contaminação aos corpos hídricos, confirma-se o aterro sanitário como método adequado de disposição de resíduos sólidos domiciliares, conforme proposto nos objetivos deste trabalho.

6.1. Sugestão de futuros trabalhos

A fim de complementar e dar continuidade ao presente trabalho, alguns temas relevantes são:

- Novas coletas e análises da água superficial nas imediações do Lixão Santa Madalena, a fim de monitorar o comportamento da pluma de contaminação;
- Técnicas de remediação a fim de controlar variáveis que se encontram não conformes em relação às legislações adotadas;
- Coletas e análises de pontos mais distantes das áreas estudadas neste trabalho, a fim de avaliar o potencial da pluma de contaminação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade** – índice de qualidade das águas (IQA). Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ANDRADE, M.M. **Monitoramento da qualidade de água subterrânea na área do lixão desativado de São Carlos, SP**. 2015. 67 p. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

ARAUJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTER, P.E. **Aquífero gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai; mapas hidrogeológicos das formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tacaurémbo**. Curitiba: UFPR; Petrobras, 1995. (Texto Explicativo).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016**. São Paulo: ABRELPE, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8419** – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 10004** – Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BOSCOV, M.E.G. **Geotecnia ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005, n.53, p.58-63. Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto. Institui a política nacional de resíduos sólidos, altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 22 dez. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão da potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 26 jan. 2018.

CALIJURI, M. C; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. 1. ed. Rio de Janeiro (RJ): Elsevier, 2013. v. 1. 832p.

CALVO, F. et al. Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. **Waste Management**, v.25, p.768–779, 2005.

CASTRO, S.V. **Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do Alto Rio das Velhas – MG**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares do estado de São Paulo**. 2008. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

_____. **Decisão de diretoria Nº 045/2014/E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014**. 2014. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. Apêndice E – significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2016. Disponível em:<<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Proposta de boas práticas agrícolas para as áreas do afloramento do Aquífero Guarani em Ribeirão Preto – SP**. Brasília: EMBRAPA, 2009. Disponível em:<<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 28 set. 2017.

GADOTTI, R.F. **Avaliação da contaminação das águas superficiais e subterrâneas adjacentes ao “lixão” da cidade de São Carlos**. 1997. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

GOOGLE EARTH. 2018. Disponível em:< <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

GOOGLE MAPS. 2017. Disponível em:<www.google.com.br/maps>. Acesso em: 20 jan. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. São Paulo: IBGE, 2000. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico**. São Paulo: IBGE, 2008. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

LOPES, A.A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP)**. 2003. 178 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MONTEIRO, J.H.P. et al. (Coord.). **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

SÃO CARLOS AMBIENTAL. **Relatórios de águas superficiais e subterrâneas do Aterro Sanitário Guaporé e da Central da Valorização de Resíduos Sólidos**. 2016.

SCHALCH, V. **Produção e características do chorume em processo de decomposição de lixo urbano**. 1984. 120 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1984.

TORRES, P. et al. Tratabilidade biológica de chorume produzido em aterro não controlado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.2, n.2, p.55-62, 1997.

VELOZO, R. **Caracterização geológico-geotécnica do lixão desativado de São Carlos-SP, com auxílio da geofísica**. 2006. 193 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ANEXOS

A seguir, encontram-se as tabelas referentes aos parâmetros analisados em cada ponto de coleta, tanto de água subterrânea quanto de água superficial, e do chorume dos três locais estudados: Lixão Santa Madalena, Aterro Sanitário Guaporé e Central de Valorização e Resíduos Sólidos de São Carlos. Foram destacados, em cada tabela, os parâmetros que se encontram superiores ao valor máximo permitido pela Portaria MS 2914 de 12/12/2011 e pelos Valores de Intervenção da CETESB, no caso da Água Subterrânea, e pela CONAMA 357/2015 no caso da Água Superficial.

ANEXO A – Água Superficial nas imediações do Lixão Santa Madalena

Tabela 2: Parâmetros da Água Superficial a montante do Lixão Santa Madalena (Fonte: GADOTTI, 1997).

Água Superficial - Montante					
	Parâmetro	Unidade	Março 1996	Mai 1996	Julho 1996
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	37.2	26.4	42.9
	pH	-	6.2	5.8	6
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	5.6	3.6	8.1
Parâmetros Físico-Químicos	DQO	mg/L	6.3	101.7	6.4
	Cálcio	mg/L	2.7	2.1	2.4
	Cloreto	mg/l	1.5	1.1	0.7
	Ferro Total	mg/l	0.2	0.3	0.6
	Fosfato	mg/L	0.01	0.01	0.01
	Magnésio	mg/L	1.5	1.3	1.5
	Manganês	mg/L	-	-	0.04
	Nitrato	mg/l	0.6	0.7	0.6
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	3.08	0	12.82	

Tabela 3: Parâmetros da Água Superficial a jusante do Lixão Santa Madalena (Fonte: GADOTTI, 1997).

Água Superficial - Jusante					
	Parâmetro	Unidade	Março 1996	Mai 1996	Julho 1996
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	62.9	60.8	74.5
	pH	-	6.3	6	6.2
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1.9	1.7	0
Parâmetros Físico-Químicos	DQO	mg/L	40.8	17	1.1
	Cálcio	mg/L	3.3	3	3.4
	Cloreto	mg/l	7.6	10.3	5.9
	Ferro Total	mg/l	0.3	0.6	1.2
	Fosfato	mg/L	0.04	0.05	0.07
	Magnésio	mg/L	1.8	1.8	2.2
	Manganês	mg/L	0.2	-	0.03
	Nitrato	mg/l	1	0.8	1.2
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	3.08	0	6.55	

ANEXO B – Água Subterrânea nas imediações do Lixão Santa Madalena

Tabela 4: Parâmetros da Água Subterrânea a montante do Lixão Santa Madalena – Poço de Monitoramento 03 (Fonte: ANDRADE, 2015).

Poço de Monitoramento 03 - MONTANTE						
	Parâmetro	Unidade	Dezembro 2012	Fevereiro 2013	Abril 2013	Julho 2013
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	153.9	222.7	175.5	144.2
	pH	-	5.57	6.2	6.04	5.62
Parâmetros Físico-Químicos	DBO	mg/L	4	4	5	5
	DQO	mg/L	17	15	15	14
	Alumínio Total	mg/l	0.97	0.46	-	0.45
	Cálcio	mg/L	8.62	6.3	-	9.15
	Chumbo Total	mg/l	0.2	< 0.005	-	0.35
	Cloreto	mg/l	19	24.1	10.5	11
	Ferro Total	mg/l	22.56	7.56	-	2.2
	Fosfato	mg/L	0.05	0.2	0.44	0.46
	Magnésio	mg/L	5.52	4.998	-	4.51
	Manganês	mg/L	0.07	0.027	-	0.034
	Nitrato	mg/l	5.83	4.9	4.31	3.82
	Nitrito	mg/l	0.122	0.008	0.004	0.004
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.2
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	9.8	1	2	4	

Tabela 5: Parâmetros da Água Subterrânea a jusante do Lixão Santa Madalena – Poço de Monitoramento 17 (Fonte: ANDRADE, 2015).

Poço de Monitoramento 17 - JUSANTE						
	Parâmetro	Unidade	Dezembro 2012	Fevereiro 2013	Abril 2013	Julho 2013
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	304.9	285.9	231.2	206.9
	pH	-	4.19	5.74	6.29	5.85
Parâmetros Físico-Químicos	DBO	mg/L	7	3	3	2
	DQO	mg/L	28	11	9	6
	Alumínio Total	mg/l	86.4	2.34	-	0.56
	Cálcio	mg/L	3.76	2.62	-	5.13
	Chumbo Total	mg/l	1.77	< 0.05	-	0.31
	Cloreto	mg/l	224	140	21	15
	Ferro Total	mg/l	201.5	1.7	-	0.814
	Fosfato	mg/L	0.81	0.15	0.37	0.4
	Magnésio	mg/L	1.321	0.318	-	0.507
	Manganês	mg/L	0.7	0.244	-	0.425
	Nitrato	mg/l	9.8	10.8	9.21	10.01
	Nitrito	mg/l	0.037	0.013	0.031	0.027
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	14	8.8	4.6	2.8
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	23.3	< 0.05	5.6	2.9	

Tabela 6: Parâmetros da Água Subterrânea a jusante do Lixão Santa Madalena – Poço de Monitoramento 19 (Fonte: ANDRADE, 2015).

Poço de Monitoramento 19 - JUSANTE						
	Parâmetro	Unidade	Dezembro 2012	Fevereiro 2013	Abril 2013	Julho 2013
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	33.85	37.98	55.94	21.38
	pH	-	4.97	5.04	5.46	5.11
Parâmetros Físico-Químicos	DBO	mg/L	< 1	< 1	< 1	4
	DQO	mg/L	6	2	6	11
	Alumínio Total	mg/l	< 0.1	0.55	-	3.04
	Cálcio	mg/L	1.07	0.369	-	4.54
	Chumbo Total	mg/l	0.11	0.26	-	0.56
	Cloreto	mg/l	1.8	4.8	6	8.5
	Ferro Total	mg/l	0.788	1.178	-	6.316
	Fosfato	mg/L	0.68	0.3	0.4	0.41
	Magnésio	mg/L	0.383	0.248	-	0.455
	Manganês	mg/L	0.016	0.024	-	0.072
	Nitrato	mg/l	1.67	2.08	2.92	2.89
	Nitrito	mg/l	0.003	0.003	0.01	0.004
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	< 0.1	0.1	< 0.1	0.2
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	11	3	< 0.05	7.7	

Tabela 7: Parâmetros da Água Subterrânea a jusante do Lixão Santa Madalena – Poço de Monitoramento 23 (Fonte: ANDRADE, 2015).

Poço de Monitoramento 23 - JUSANTE						
	Parâmetro	Unidade	Dezembro 2012	Fevereiro 2013	Abril 2013	Julho 2013
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	37.62	40.11	29.18	53.47
	pH	-	4.85	4.55	4.7	4.94
Parâmetros Físico-Químicos	DBO	mg/L	4	< 1	< 1	< 1
	DQO	mg/L	15	2	2	2
	Alumínio Total	mg/l	43.01	0.38	-	< 0.1
	Cálcio	mg/L	1.22	0.685	-	2.19
	Chumbo Total	mg/l	0.29	< 0.005	-	0.39
	Cloreto	mg/l	14	2.5	4.5	2
	Ferro Total	mg/l	196.6	0.136	-	0.808
	Fosfato	mg/L	0.53	0.03	0.05	0.06
	Magnésio	mg/L	3.432	0.641	-	0.422
	Manganês	mg/L	1.446	0.025	-	0.034
	Nitrato	mg/l	2.09	1.84	1.54	1.05
	Nitrito	mg/l	0.003	0.002	0.003	0.003
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	9.8	< 0.05	3.5	< 0.05	

Tabela 8: Parâmetros da Água Subterrânea na área de influência do Lixão Santa Madalena – Poço de Monitoramento 29 (Fonte: ANDRADE, 2015).

Poço de Monitoramento 29 - ÁREA DE INFLUÊNCIA						
	Parâmetro	Unidade	Dezembro 2012	Fevereiro 2013	Abril 2013	Julho 2013
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1066.5	2084	1829.4	1550.2
	pH	-	6.91	6.95	6.75	6.87
Parâmetros Físico-Químicos	DBO	mg/L	19	18	14	11
	DQO	mg/L	206	194	137	118
	Alumínio Total	mg/l	< 0.1	0.59	-	< 0.1
	Cálcio	mg/L	17.75	27.35	-	57.48
	Chumbo Total	mg/l	0.14	0.21	-	0.33
	Cloreto	mg/l	75	235	70	125
	Ferro Total	mg/l	25.46	73.6	-	17.56
	Fosfato	mg/L	0.75	0.54	0.65	3
	Magnésio	mg/L	7.784	17.28	-	9.86
	Manganês	mg/L	0.477	1.769	-	0.77
	Nitrato	mg/l	2.47	4.78	3.77	2.98
	Nitrito	mg/l	0.012	0.002	0.003	0.002
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	71.9	66.3	65.7	81
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	83.7	105	93	85	

ANEXO C – Chorume gerado no Aterro Sanitário Guaporé

Tabela 9: Parâmetros para o Chorume gerado no Aterro Sanitário Guaporé (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Chorume					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	11695,3	13065
	pH	-	2.0 - 13.0	8,69	8,24
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	164	120
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	12,38	42,67
	DBO	mg/L	2	604,09	257,7
	DQO	mg/L	10	1306,69	1016
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0.005	< 0.005
	Cloreto	mg/l	0,5	2226,107	9,7
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	< 0.01
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0.5	< 0.5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0.5	< 0.5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	< 0.2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	4,48	2,24
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-
	Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	130
Coliformes Termotolerantes (Fecal)		UFC/100mL	Ausência	60	< 1
Coliformes Termotolerantes (E. coli)		UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1

ANEXO D – Água Superficial nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé

Tabela 10: Parâmetros para a Água Superficial a Montante do Aterro Sanitário Guaporé (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Água Superficial - MONTANTE					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	62,1	62,5
	pH	-	2.0 - 13.0	6,55	7,2
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	6,71	4,91
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	-	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	46	< 25
	Óleos e Graxas	mg/L	10	28,6	< 10
	DBO	mg/L	2	3,14	3,84
	DQO	mg/L	10	< 10	< 10
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	2,39	0,78
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5
	Magnésio	mg/L	0,2	< 0,2	2,286
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0,05	< 0,05
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	< 1	< 1	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	28	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	1	20	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1

Tabela 11: Parâmetros para a Água Superficial a Jusante do Aterro Sanitário Guaporé (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Água Superficial - JUSANTE					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	54,8	55,3
	pH	-	2,0 - 13,0	7	7,5
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	7,3	5,7
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	-	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	< 25	< 25
	Óleos e Graxas	mg/L	10	14,8	< 10
	DBO	mg/L	2	2,78	< 2
	DQO	mg/L	10	< 10	< 10
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	0,94	< 0,5
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5
	Magnésio	mg/L	0,2	< 0,2	1,648
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01
	Nitrato	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0,05	< 0,05
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	< 1	< 1
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	12	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	1	10	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1

ANEXO E – Água Subterrânea nas imediações do Aterro Sanitário Guaporé

Tabela 12: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé – Poço de Monitoramento 02 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 02					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	102,3	-
	pH	-	2.0 - 13.0	6,15	-
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	62	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	47,61	-
	DBO	mg/L	2	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	-
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	-
	Chumbo Total	mg/l	0,005	-	-
	Cloreto	mg/l	0,5	54	-
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	-
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	-
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	-
	Nitrato	mg/l	0,5	42,48	-
	Nitrito	mg/l	0,5	1,076	-
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	-
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0.05	-
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	< 1	-
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	1	< 1	-
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	-
	Tolueno	µg/L	1	< 1	-

Tabela 13: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé - Poço de Monitoramento 03 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 03					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	72,5	89,3
	pH	-	2.0 - 13.0	5,99	5,55
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	60	43
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	26,53	< 10
	DBO	mg/L	2	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0.005	< 0.005
	Cloreto	mg/l	0,5	223,43	3,53
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	< 0.01
	Nitrato	mg/l	0,5	13,412	< 0.5
	Nitrito	mg/l	0,5	0,689	< 0.5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	< 0.2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0.05	< 0.05
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	5	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	Ausência	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1

Tabela 14: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé - Poço de Monitoramento 04 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 04					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	85,2	94,2
	pH	-	2.0 - 13.0	5,9	4,8
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	56	59
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	22,4	< 10
	DBO	mg/L	2	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0.005	< 0.005
	Cloreto	mg/l	0,5	154,94	3,37
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	< 0.01
	Nitrato	mg/l	0,5	1,078	< 0.5
	Nitrito	mg/l	0,5	0,512	< 0.5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	< 0.2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0.05	< 0.05
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-
	Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	13
Coliformes Termotolerantes (Fecal)		UFC/100mL	Ausência	5	< 1
Coliformes Termotolerantes (E. coli)		UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1

Tabela 15: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé – Poço de Monitoramento 05 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 05					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	79,1	102,6
	pH	-	2.0 - 13.0	4,87	3,78
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	46	32
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	26,8	< 10
	DBO	mg/L	2	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0.005	< 0.005
	Cloreto	mg/l	0,5	885,47	1,01
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	< 0.01
	Nitrato	mg/l	0,5	9,727	< 0.5
	Nitrito	mg/l	0,5	3,299	< 0.5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	< 0.2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0.05	< 0.05
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-
	Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	< 1
Coliformes Termotolerantes (Fecal)		UFC/100mL	Ausência	< 1	< 1
Coliformes Termotolerantes (E. coli)		UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1

Tabela 16: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé – Poço de Monitoramento 06 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 06					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	-	109,2
	pH	-	2.0 - 13.0	-	4,39
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	-	49
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	-	< 10
	DBO	mg/L	2	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	-	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	-	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	-	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	-	3,51
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	-	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	-	< 0,03
	Manganês	mg/L	0,01	-	< 0,01
	Nitrato	mg/l	0,5	-	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	-	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	-	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	-	< 0,05
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-
	Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	-
Coliformes Termotolerantes (Fecal)		UFC/100mL	Ausência	-	< 1
Coliformes Termotolerantes (E. coli)		UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	-	< 2
	Tolueno	µg/L	1	-	< 1

Tabela 17: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante do Aterro Sanitário Guaporé – Poço de Monitoramento 07 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 07					
	Parâmetro	Unidade	LQ	Junho de 2016	Setembro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	65,8	-
	pH	-	2.0 - 13.0	4,44	-
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	44	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	48	-
	DBO	mg/L	2	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	-
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	-
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0.005	-
	Cloreto	mg/l	0,5	31,09	-
	Cor Aparente	CU	5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	-
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	-
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	-
	Nitrato	mg/l	0,5	3,764	-
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0.5	-
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	-
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0.05	-
	Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	-
	Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	< 1
Coliformes Termotolerantes (Fecal)		UFC/100mL	Ausência	< 1	-
Coliformes Termotolerantes (E. coli)		UFC/100mL	Ausência	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	-
	Tolueno	µg/L	1	< 1	-

ANEXO F – Chorume gerado na Unidade de Valorização Sustentável

Tabela 18: Parâmetros para o Chorume gerado na Unidade de Valorização Sustentável (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Chorume							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	5,96	11700	12125	12785
	pH	-	2.0 - 13.0	8,05	7,88	8,3	8,18
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	-	1,13	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	322	9060	5040	569
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	31,2	47,4	12,2	14,5
	DBO	mg/L	2	651,1	607,8	254,97	272,92
	DQO	mg/L	10	1309,49	1299,76	1074,67	1957,32
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	Cálcio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
	Cloreto	mg/l	0,5	2939,506	6004,34	2306,808	5,09
	Cor Aparente	CU	5	-	< 5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	8932	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	0,075	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	-	< 0,5	-	-
	Magnésio	mg/L	0,2	-	2169,1	-	-
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Nitrato	mg/l	0,5	6,57	473,551	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	13,017	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	21,12	2,8	< 0,05	1,68
	Potássio	mg/L	0,2	-	2752,86	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	4770,288	-	-
Sulfato	mg/L	0,5	-	618,44	-	-	
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	< 1	< 1	-	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	< 1	< 1	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	Ausência	< 1	< 1	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	< 1	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	-	< 1	< 1

ANEXO G – Água Superficial nas imediações da Unidade de Valorização Sustentável

Tabela 19: Parâmetros para a Água Superficial a jusante da Unidade de Valorização Sustentável – Ponto de Coleta 01 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Água Superficial - Ponto 01							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	99,6	43,7	48,2	51,3
	pH	-	2.0 - 13.0	7,25	6,67	7,91	7,98
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	4,95	4,68	7,1	7,08
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	30	30	330	< 25
	Óleos e Graxas	mg/L	10	18,95	19,04	82,4	37,5
	DBO	mg/L	2	3,88	2,66	2,95	< 2
	DQO	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	33,3
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	7,83	32,24	1,2	1,76
	Cor Aparente	CU	5	-	-	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	-	0,25	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Magnésio	mg/L	0,2	1,472	114,46	1,664	3,391
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0,5	9,985	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,8
	Potássio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	-	-	-
	Sulfato	mg/L	0,5	-	54,34	-	-
Turbidez Nefelométrica	mg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	< 1	-	5	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	Ausência	< 1	70	2	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabela 20: Parâmetros para a Água Superficial a jusante da Unidade de Valorização Sustentável – Ponto de Coleta 02 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Água Superficial - Ponto 02							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	87,3	45,8	51,3	51,6
	pH	-	2.0 - 13.0	7,62	7,09	7,21	7,38
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	4,87	5,26	7,34	7,18
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	45	< 25	40	< 25
	Óleos e Graxas	mg/L	10	19,1	18,2	57,6	< 10
	DBO	mg/L	2	4,66	2,94	3,96	2,87
	DQO	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	< 10
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	5,44	1,01	1,24	1,69
	Cor Aparente	CU	5	-	-	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	-	0,165	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Magnésio	mg/L	0,2	< 0,2	0,403	1,85	3,493
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	Potássio	mg/L	0,2	-	0,64	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	-	-	-
Sulfato	mg/L	0,5	-	0,58	-	-	
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	< 1	-	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	Ausência	< 1	< 1	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabela 21: Parâmetros para a Água Superficial a jusante da Unidade de Valorização Sustentável - Ponto de Coleta 03 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Água Superficial - Ponto 03							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	87,7	44,9	41,3	42,8
	pH	-	2.0 - 13.0	8,07	7,47	7,92	7,82
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	5,26	5,88	7,54	7,41
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	55	34	150	< 25
	Óleos e Graxas	mg/L	10	18,9	18,37	< 10	29,5
	DBO	mg/L	2	< 2	4,2	< 2	6,8
	DQO	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	25,37
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
	Cloreto	mg/l	0,5	5,44	1,04	1,2	1,69
	Cor Aparente	CU	5	-	-	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0.03	-	0,148	< 0.03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
	Fosfato	mg/L	0,5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
	Magnésio	mg/L	0,2	4,987	1,364	2,186	3,626
	Manganês	mg/L	0,01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	Nitrato	mg/l	0,5	0,66	< 0.5	< 0.5	< 0.5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	1,12	< 0.05	< 0.05	2,8
	Potássio	mg/L	0,5	-	0,69	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	-	-	-
	Sulfato	mg/L	0,5	-	0,57	-	-
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	< 1	200	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	Ausência	< 1	-	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1

Tabela 22: Parâmetros para a Água Superficial a jusante da Unidade de Valorização Sustentável – Ponto de Coleta 04 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Água Superficial - Ponto 04							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	82,7	135,4	55,9	54,9
	pH	-	2.0 - 13.0	7,96	7,2	7,6	7,38
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	1	5,01	4,35	6,09	6,18
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25				
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	38	36	130	< 25
	Óleos e Graxas	mg/L	10	19,2	19,08	35,2	23,6
	DBO	mg/L	2	2,15	4,68	4,03	6,95
	DQO	mg/L	10	< 10	< 10	< 10	33,89
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	12,6	10,71	13,82	1,1
	Cor Aparente	CU	5	-	-	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	-	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	-	0,217	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Magnésio	mg/L	0,2	4,392	2,168	3,216	4,352
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	Nitrato	mg/l	0,5	0,85	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	0,85	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1,4
	Potássio	mg/L	0,2	-	2,92	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	-	-	-
	Sulfato	mg/L	0,5	-	5,16	-	-
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	< 1	< 1	< 1	< 1	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	1	< 1	-	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	Ausência	< 1	1000	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	-	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1

ANEXO H – Água Subterrânea nas imediações da Unidade de Valorização Sustentável

Tabela 23: Parâmetros para a Água Subterrânea a montante da Unidade de Valorização Sustentável – Poço de Monitoramento 01 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 01							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	81,1	62,4	105,2	-
	pH	-	2.0 - 13.0	6,4	6,25	6,17	-
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	-	-	-
Parâmetros Físico Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	174	188	150	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	23,1	21,63	< 10	-
	DBO	mg/L	2	-	-	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-
	Cálcio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-
	Cloreto	mg/l	0,5	13,73	5,77	4,29	-
	Cor Aparente	CU	5	-	< 5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	64,97	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	0,146	-
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	-
	Fosfato	mg/L	0,5	-	< 0,5	-	-
	Magnésio	mg/L	0,2	-	15,78	-	-
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0,5	1,068	< 0,5	-
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	-
Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	2,24	< 0,05	< 0,05	-	
Potássio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-	
Sódio	mg/L	0,2	-	7,391	-	-	
Sulfato	mg/L	0,5	-	5,76	-	-	
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	< 1	-	-	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	< 1	Ausência	23	-
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	1	< 1	80	3	-
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	80	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	-
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	-

Tabela 24: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante da Unidade de Valorização Sustentável – Poço de Monitoramento 02 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 02							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	88,5	98,5	-	-
	pH	-	2.0 - 13.0	6,97	6,18	-	-
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	-	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	166	2056	-	-
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	18,2	17,8	-	-
	DBO	mg/L	2	-	-	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	-	-
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	-	-
	Cálcio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	-	-
	Cloreto	mg/l	0,5	16,4	37,53	-	-
	Cor Aparente	CU	5	-	< 5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	371,74	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	-	-
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	-	-
	Fosfato	mg/L	0,5	-	< 0,5	-	-
	Magnésio	mg/L	0,2	-	90,27	-	-
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	-	-
	Nitrito	mg/l	0,5	0,85	< 0,5	-	-
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2	-	-
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	1,12	< 0,05	-	-
	Potássio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
Sulfato	mg/L	0,5	-	55,27	-	-	
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	< 1	-	-	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	< 1	Ausência	-	-
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	1	< 1	< 1	-	-
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	< 1	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	-	-
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	-	-

Tabela 25: Parâmetros para a Água Subterrânea a jusante da Unidade de Valorização Sustentável - Poço de Monitoramento 03 (Fonte: SÃO CARLOS AMBIENTAL, 2016).

Poço de Monitoramento 03							
	Parâmetro	Unidade	LQ	Janeiro de 2016	Abril de 2016	Julho de 2016	Outubro de 2016
Parâmetros de Campo	Condutividade Elétrica	µS/cm	1	77,3	71,4	85,3	90,1
	pH	-	2.0 - 13.0	6,63	6,08	6,02	6,18
	Oxigênio Dissolvido	mg/L	-	-	-	-	-
Parâmetros Físico-Químicos	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	159	28	390	119
	Sólidos Suspensos Totais	mg/L	25	-	-	-	-
	Óleos e Graxas	mg/L	10	17,9	18,4	< 10	25
	DBO	mg/L	2	-	-	-	-
	DQO	mg/L	10	-	-	-	-
	Alumínio Dissolvido	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Alumínio Total	mg/l	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Cálcio	mg/L	0,2	-	120,25	-	-
	Chumbo Total	mg/l	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	Cloreto	mg/l	0,5	1,17	37,28	3,71	0,95
	Cor Aparente	CU	5	-	< 5	-	-
	Dureza Total	mg/L	5	-	460,16	-	-
	Ferro Total	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	0,175	< 0,03
	Ferro Dissolvido	mg/l	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
	Fosfato	mg/L	0,5	-	< 0,5	-	-
	Magnésio	mg/L	0,2	-	38,83	-	-
	Manganês	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
	Nitrato	mg/l	0,5	< 0,5	10,068	< 0,5	< 0,5
	Nitrito	mg/l	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
	Nitrogênio Kjeldahl (Amônia Total)	mg/l	0,05	1,12	< 0,05	< 0,05	< 0,005
	Potássio	mg/L	0,2	-	< 0,2	-	-
	Sódio	mg/L	0,2	-	2,174	-	-
Sulfato	mg/L	0,5	-	55,28	-	-	
Turbidez Nefelométrica	NTU	1	-	< 1	-	-	
Parâmetros Microbiológicos	Coliformes Totais	UFC/100mL	Ausência	< 1	Ausência	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (Fecal)	UFC/100mL	1	< 1	30	< 1	< 1
	Coliformes Termotolerantes (E. coli)	UFC/100mL	Ausência	-	30	-	-
Parâmetros Orgânicos	Benzeno	µg/L	2	< 2	< 2	< 2	< 2
	Tolueno	µg/L	1	< 1	< 1	< 1	< 1