



**INSTITUTO
FEDERAL**
Sergipe

**INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE
COORDENADORIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

ANA CAROLINA VILAR LESSA

**CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME DO CENTRO DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE SERGIPE**

Aracaju
2017



**INSTITUTO
FEDERAL**
Sergipe

**INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE
COORDENADORIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

ANA CAROLINA VILAR LESSA

**CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME DO CENTRO DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE SERGIPE**

Aracaju
2017

ANA CAROLINA VILAR LESSA

CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME DO CENTRO DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE SERGIPE

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Instituto Federal de Sergipe como pré-
requisito para a obtenção do grau de
Tecnólogo em Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Msc. Carina Siqueira de
Souza

ARACAJU

2017

ANA CAROLINA VILAR LESSA

CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME DO CENTRO DE GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS DE SERGIPE

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Instituto Federal de Sergipe como pré-
requisito para a obtenção do grau de
Tecnólogo em Saneamento Ambiental.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Msc. Carina Siqueira de Souza
Instituto Federal de Sergipe IFS

Dr. Gustavo de Brito Cardoso
Instituto Federal de Sergipe

Bel. Erasmo Gomes Santos Júnior
Companhia de Saneamento de Sergipe

CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME DO CENTRO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERGIPE

Resumo

Uma grande preocupação ambiental da atualidade está relacionada aos resíduos sólidos gerados pela sociedade moderna. A alternativa mais segura para os resíduos consiste em aterros sanitários bem construídos, operados com eficiência e em localização correta. Porém uma desvantagem do uso dos aterros sanitários seria a geração de grandes volumes de chorume por possuir alto potencial de contaminação ambiental. Uma vez que as formas de tratamento conhecidas, além de onerosas, não apresentam eficácia satisfatória na remoção de todos os contaminantes presentes, torna-se essencial conhecer suas características antes de proceder à escolha do tratamento adequado. Diante dos fatos expostos, este trabalho teve como objetivo caracterizar as propriedades do chorume do Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe - CGR, através da análise físico-química de amostras coletadas do aterro sanitário. Amostras do lixiviado do CGR foram coletadas diretamente das bacias de acumulação do chorume e levadas ao Laboratório de Hidráulica e Saneamento do IFS para serem analisados os parâmetros coletivos de acordo com o *Standard Methods*; DQO, DBO, Nitrogênio amoniacal, Fósforo, Sólidos Totais Dissolvidos, Salinidade, Condutividade, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Totais, Cloretos, Temperatura, Turbidez, Cor e Oxigênio Dissolvido. A partir do resultado da análise dos parâmetros obtidos pode-se concluir que houve uma significativa variação nas concentrações dos parâmetros analisados durante o período de três meses de amostragem, no início do período seco, o que evidencia a sua alta complexidade e demonstra a necessidade de uma caracterização criteriosa estendendo-se ao período chuvoso do lixiviado de aterro sanitário a fim de conhecer a variação dos parâmetros em todas as condições climáticas no município de Rosário do Catete/SE.

Palavras-chave: chorume, parâmetros, aterros sanitários.

1 Introdução

O Brasil é um grande gerador de resíduos sólidos urbanos, apresenta um índice que chega a 79,9 milhões de toneladas por ano, dos quais apenas 59% são destinados a aterros sanitários, de acordo com o IBGE (2008). Tal fato suscita discussões acerca dos impactos inerentes ao descarte inadequado dos resíduos, a produção de chorume e os danos irreversíveis que podem ser causados ao meio ambiente.

Atualmente, uma das grandes preocupações ambientais está relacionada aos resíduos sólidos gerados pela sociedade moderna e consumista. Com a intensificação do processo industrial, aliada ao crescimento da população e à consequente demanda por bens de consumo. O homem tem produzido quantidades significativas de resíduos sólidos, que acabam sendo constituídos de uma mistura muito complexa e de natureza diversa, cujos principais constituintes são: material orgânico, papel, vidro, plástico e metais (LEITE *et. al.*, 2004).

Os resíduos sólidos gerados nos centros urbanos podem conter resíduos domésticos e comerciais, assim como lixo industrial, algumas delas perigosas para a saúde. Uma vez acondicionados em aterros controlados ou lixões, os resíduos sólidos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros (GOUVEIA e PRADO, 2010).

A alternativa mais segura para muitos resíduos consiste em aterros sanitários bem construídos (impermeabilizados e com drenos de coleta de lixiviados), operados com eficiência (com cobertura de solo ao final de cada período de serviço) e em localização correta (onde a vulnerabilidade do aquífero subjacente não tenha índices altos). Porém uma desvantagem do uso dos aterros sanitários seria a geração de grandes volumes de contaminantes como o chorume que, por possuir alto potencial de contaminação, se apresenta como um problema ambiental. Ainda assim, as alternativas consideradas ambientalmente adequadas para destinação/disposição de resíduos sólidos urbanos são: disposição em aterro, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético (OLIVEIRA e PASQUAL, 2004).

Emerge deste cenário uma grande preocupação no que concerne à poluição causada pela percolação do chorume através das águas subterrâneas e superficiais modificando ecossistemas e causando perturbações a flora e fauna da região. Em contrapartida, quando drenado e tratado de forma adequada no aterro, este oferece a possibilidade de reúso da água,

contribuindo para a sustentabilidade dos recursos hídricos. Diante disso verifica-se a busca por técnicas e formas de tratamento do chorume, capazes de satisfazer as exigências legais de disposição do mesmo, mitigando as perturbações ocasionadas aos recursos hídricos, ao solo e a saúde da população.

A partir da década de 70 surgiu a preocupação com o tratamento e destinação do chorume ou lixiviado de aterros sanitários. Neste período teve início a construção de aterros com impermeabilização de base e drenagem do líquido resultante da oxidação da matéria orgânica. A problemática dos lixiviados produzidos nos aterros sanitários e lixões advém das suas características físico-químicas altamente poluentes, exigindo, portanto o tratamento do mesmo antes do seu aporte em um corpo hídrico receptor.

Uma vez que as formas de tratamento conhecidas, além de onerosas, não apresentam eficácia satisfatória na remoção de todos os contaminantes presentes, devido à implicações como a forma de disposição e fatores climáticos, que influenciam diretamente nas técnicas de tratamento a serem adotadas, e em virtude da variabilidade das propriedades do chorume, torna-se essencial conhecer suas características antes de proceder ao seu tratamento.

O Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe localiza-se no município de Rosário do Catete, Sergipe, e é responsável pela recepção de resíduos de origem doméstica, varrição de vias públicas, industrial e comercial de doze municípios da região metropolitana de Aracaju, Sergipe. Gerando cerca de 200 m³ por dia de chorume ou lixiviado. O volume de lixiviado do aterro sanitário, armazenado em bacias de acumulação no local, é destinado a CETREL S.A.- Central de Tratamento de Efluentes Líquidos, uma empresa de proteção ambiental, para tratamento e disposição final em Camaçari/BA, onde o mesmo passa por uma sequência de pré-tratamento, bacia de equalização, tanque de aeração e decantadores e, por fim, é destinado a um corpo receptor da região. No entanto, a logística de transporte de chorume para tratamento em Camaçari/BA torna esse processo bastante oneroso.

Diante dos fatos expostos, este trabalho teve como objetivo caracterizar as propriedades do chorume do Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe, através da análise físico-química de amostras coletadas nas bacias de acumulação do aterro sanitário, com a finalidade de servir de subsídio para tomadas de decisão futura quanto ao tratamento e destinação final do chorume produzido.

2. Revisão de Literatura

2.1 Chorume

O chorume é o líquido proveniente da decomposição da matéria orgânica, e os lixiviados e/ou percolados são a solução: chorume e água. De origem superficial (chuva ou escoamento) ou subterrânea (infiltração), carreando materiais dissolvidos ou suspensos, proveniente da digestão anaeróbia da matéria orgânica por ação das exoenzimas produzidas pelas bactérias. Este líquido flui pela massa de lixo após atingir sua capacidade de campo ou de retenção (ROCHA, 2005).

Segato e Silva (2000) afirmam que na maioria dos aterros sanitários, o chorume é composto pelo líquido que entra na massa aterrada de lixo advindo de fontes externas, tais como sistemas de drenagem superficial, chuva, lençol freático, nascentes e aqueles resultantes da decomposição do lixo.

De outra forma, a NBR 8419/1992 define o chorume como o líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos, que tem como característica a cor escura, o mau cheiro e a elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio₅ - DBO₅, sobre o qual, a umidade tem grande influência na formação, já que um alto teor de umidade favorece a decomposição anaeróbia. A produção de chorume depende das condições peculiares de cada caso, principalmente da topografia, geologia, regime e intensidade das chuvas.

2.1.1 Origem

As transformações dos resíduos nos aterros ocorrem mediante diversos processos químicos. Dentre os quais Souto (2009) cita os fenômenos, físicos, químicos e biológicos sofridos por um dado volume de resíduos em um sistema fechado, sem trocas de matérias com o exterior que dão origem ao chorume.

Rocha (2005) assevera que o chorume tem origem na transformação de determinados resíduos em um líquido composto de elementos químicos em solução proveniente da digestão anaeróbia da matéria orgânica por enzimas produzidas por bactérias.

Tais transformações passam por uma fase de ajustamento inicial do aterro em que os resíduos são dispostos e começam a acumular umidade, após a camada de cobertura o processo de estabilização tem início e algumas mudanças no ambiente interno podem ser notadas. Em uma nova fase, a capacidade de campo é excedida e o lixiviado começa a ser

formado. O ambiente muda de aeróbio para anaeróbio e a cobertura diária do lixo promove processos, que tem duração de um dia a várias semanas, até que seja consumido todo o oxigênio que a carga contém. Logo após dá-se início à degradação anaeróbia (SOUTO, 2009).

Sabe-se que a complexidade desses processos biológicos responsáveis pela decomposição em aterros só foi reconhecida na década de 1960. Quando se pode assegurar que a digestão anaeróbia era resultado da ação conjunta de diversos grupos de microrganismos, na qual os produtos do metabolismo de um grupo servem como fonte de alimento para outros grupos (LIMA, 1988).

São observadas três fases distintas de degradação da massa de resíduo segundo LO, (1996): (1) decomposição anaeróbia, (2) decomposição aeróbia acetogênica, (3) decomposição anaeróbia metanogênica:

Na primeira fase devido às altas temperaturas são esperadas altas concentrações de sais dissolvidos e formação de gás carbônico e hidrogênio. Na degradação anaeróbia acetogênica as bactérias facultativas anaeróbias convertem o material orgânico particulado em compostos dissolvidos de menor peso molecular, para ser absorvido pelas bactérias fermentativas e transformadas em substâncias simples como os ácidos graxos voláteis (AGV), ácido acético, dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio, amônia (NH_3), gás sulfídrico (H_2S). Nessa fase o pH da massa de resíduo reduz entre 4,0 e 5,0 devido a grande produção de ácido acético, AGV, e CO_2 . O pH contribui para a dissolução da matéria orgânica que junto com os ácidos voláteis geram fortes ligações iônicas. Na degradação anaeróbia metanogênica, os compostos orgânicos formados na fase anterior começam a serem consumidos pelos organismos estritamente anaeróbios, denominados arqueas metanogênicas, que produzirão o metano (CH_4), CO_2 e água (H_2O). Nesta etapa o pH eleva-se, um forte indicativo da atividade metanogênica, pois essas bactérias requerem um pH próximo ao neutro. Essa decomposição poderá durar por vários anos, enquanto tiver material disponível para a atividade bacteriana.

Porém, alterações no meio fazem o microrganismo alterar também seu metabolismo, ou ainda, a aclimação de um consórcio microbiano a determinados compostos poluentes pode promover diferentes possibilidades de transformação. Diferentes caminhos na degradação de compostos poluentes podem ser observados devido a algumas características dos microrganismos, que em geral alteram a biodigestão depois de aclimatados ao meio (SUSARLA *et al.*, 1996 apud SERAFIM *et al.*, 2003).

Todo o processo de decomposição dos resíduos e formação do chorume ou lixiviado ocorre de forma concomitante, porém em locais diferentes do aterro sanitário. E, mesmo com o fim das atividades no aterro, continua a ocorrer a formação de chorume com características distintas da fase inicial de operação. Por isso os aterros sanitários devem ser continuamente monitorados. A etapa do monitoramento inicia-se na implantação do aterro e termina muitos anos depois de encerradas as suas atividades.

2.1.2 Composição Média

A identificação ou caracterização dos compostos pode ser realizada através da investigação de parâmetros designados de acordo com o propósito a ser conhecido. Os parâmetros coletivos não específicos ou convencionais compreendem: potencial hidrogeniônico (pH), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a Demanda Química de Oxigênio (DQO), o nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) e Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Cloretos, Alcalinidade, Série de Sólidos, Metais Pesados e outros metais (BARKER e STUCKEY, 1999). Estes fornecem informações para a compreensão dos fenômenos que ocorrem na geração do chorume.

O chorume é um líquido negro, odor nauseante, com altas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos, resultado da percolação da água através dos resíduos domésticos, dispostos em aterros sanitários, em processo de decomposição. A composição físico-química do chorume é extremamente variável dependendo de fatores que vão desde as condições pluviométricas locais, tempo de disposição e das características do próprio lixo, como se observa na Tabela 1 (BERTAZZOLI e PELEGRINI, 2003).

Tabela1: Composição típica de lixiviados de aterros jovens e velhos.

Constituinte*	Aterro Jovem (até 2 anos)	Aterro Velho (mais de 10 anos)	
	Valor Médio	Valor Típico	Valor Médio
DBO₅	2000-30000	10000	100-200
DQO	3000-60000	18000	100-500
Sólidos Suspensos Totais	200-2000	500	100-400
N-orgânico	10-800	200	80-120
N-amoniacal	10-800	200	20-40
Nitrato	5-40	25	5-10
P-total	5-100	30	5-10
Ortofosfato	4-80	20	4-8
Alcalinidade	1000-10000	3000	200-1000
pH	4,5-7,5	6	4-8

Fonte: Adaptado de Tchobanoglous *et. al.*, 1993 *Valores expressos em mg.L

O chorume pode conter altas concentrações de sólidos suspensos, metais pesados (quadro 1), compostos orgânicos originados da degradação de substâncias que facilmente são metabolizadas como carboidratos, proteínas e gorduras (SERAFIM, *et al*, 2003).

Segundo Guimarães e Nour (2001), esta matéria orgânica, normalmente presente em águas residuais, é composta basicamente por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio,

fósforo, enxofre e outros elementos em menor proporção, porém essenciais para a ocorrência dos processos biológicos de estabilização desse material.

O que provoca a grande variabilidade de composição do chorume são os diferentes processos biológicos, físicos e químicos que afetam constantemente a composição do lixiviado, exercendo, assim, influência sobre as suas características. Esses processos são influenciados por uma série de fatores dos quais se podem ressaltar os fatores climatológicos e correlatos: regime de chuvas e precipitação pluviométrica anual, escoamento superficial, infiltração, evapotranspiração e temperatura; os fatores relativos aos resíduos: composição, densidade e teor de umidade inicial; e os fatores relativos ao tipo de operação: características de permeabilidade do aterro, idade do aterro e profundidade do aterro. É difícil definir um lixiviado típico, pois sua composição varia muito de acordo com esses fatores. Além disto, o lixiviado frequentemente contém altas concentrações de uma variedade de substâncias que podem causar interferências nas análises, comprometendo a comparação dos resultados (HO *et al.*, 1974 *apud* LANGE e AMARAL, 2009).

Em locais do aterro onde o acesso de ar é mais eficiente, a decomposição de resíduos orgânicos é facilitada, cuja intensificação resulta na queda dos níveis de oxigênio e aumento da acidez resultante da geração de chorume. Hamada e Matsunaga (2000), afirmam que a composição química do chorume, varia muito, dependendo da idade do aterro e dos eventos que ocorrem antes da amostragem do mesmo. Devido à cadeia de constituintes existentes no chorume, e às variações quantitativas sazonais e cronológicas (pelo aumento da área exposta), não se deve considerar uma única solução de processo para seu tratamento.

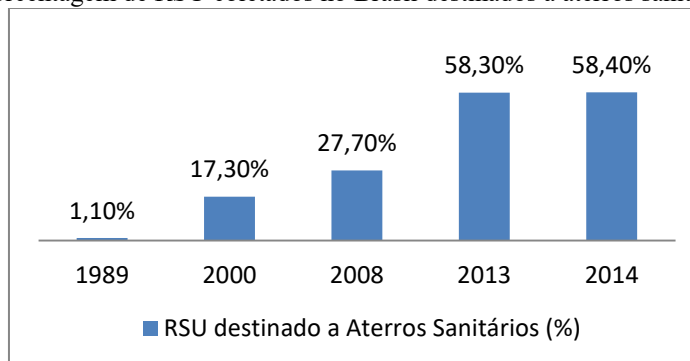
2.2 Impactos Ambientais Provocados pelo Chorume

O impacto do lixiviado sobre o meio ambiente está ligado a sua decomposição e a ampla gama de compostos tóxicos que o compõe. De tal fato advém a necessidade da realização de pesquisas capazes de discriminar tais compostos estabelecendo dessa forma tratamentos mais adequados para cada cenário.

Analisando-se dados da Pesquisa Nacional do Saneamento Básico e do Relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2014 da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), percebe-se que com a crescente sensibilização da comunidade para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos somados à implementação da Lei Federal 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e determina a eliminação e recuperação dos lixões, houve um aumento

significativo na participação dos aterros sanitários, a partir do final da década de 80 (Figura 1) e uma pequena diminuição da disposição de resíduos em lixões.

Figura 1: Porcentagem de RSU coletados no Brasil destinados a aterros sanitários.



Fonte: IBGE, 2010 e ABRELPE, 2014.

Isso se deve ao fato de um grande percentual desses resíduos ser produzido em apenas alguns grandes centros urbanos, os quais contam geralmente com locais adequados para disposição final. Porém observa-se que outras destinações para os resíduos sólidos urbanos, como a compostagem, incineração e reciclagem, tiveram pequenas variações nesse período.

As consequências adversas da disposição inadequada de resíduos sólidos são um importante problema da atualidade que envolve a análise de migração de contaminantes a partir dos locais onde esses resíduos são dispostos, bem como garantia de estabilidade e impermeabilização dos locais usados para disposição dos mesmos. Dentre os contaminantes ou poluentes destes resíduos destacam-se os: cloretos, nitratos, metais pesados e compostos orgânicos de difícil degradabilidade.

Estudos recentes demonstram que efeitos adversos podem ser observados no solo, mesmo a distâncias superiores a 100 m do aterro, assim como alterações na biota aquática, principalmente nas imediações da descarga (CHRISTENSEN *et al.*, 2001 *apud* MORAIS *et al.*, 2006).

Em aterros com deficitária impermeabilização de base e drenagem ineficiente dos líquidos lixiviados, pode ocorrer a contaminação do solo e do lençol freático através do contato direto. Haverá, por conseguinte, a contaminação de cursos d'água superficiais como rios e lagos, uma vez que são abastecidos por ele. Em decorrência disso, os ecossistemas aquáticos e toda cadeia trófica sofrerá alterações.

Quando despejado nos cursos d'água superficiais, o chorume pode alterar a DBO e a DQO da água, influenciando negativamente na fauna e flora macro e microscópica. Ao atingir os aquíferos, pode poluir poços e causar endemias caso contenha organismos patogênicos. Enquanto a contaminação superficial geralmente constitui-se em um problema visível, a

contaminação dos aquíferos é invisível e pode transformar-se em um problema crônico, na medida em que só venha a ser identificado por meio de seus efeitos na saúde pública. Cabe ressaltar que os resíduos sólidos ainda contêm espécies químicas que podem ser carregadas pelas chuvas e entrar em contato com os cursos d'água superficiais e subterrâneos através de escoamento superficial e infiltração (SISINNO, 2002).

O efeito produzido pelo lixiviado sobre o meio ambiente está diretamente relacionado com a sua fase de decomposição. Com o passar dos anos há uma redução significativa da biodegradabilidade devido à conversão em gás metano e CO₂ de parte dos componentes biodegradáveis (SÁ *et. al.*, 2012).

Sabe-se que o tempo de aterramento pode influir sobre a qualidade dos lixiviados. Acredita-se que o seu potencial poluidor seja inversamente proporcional ao tempo de aterramento, a despeito do fato de que em aterros em operação essa constatação não seja tão evidente (LANGE e AMARAL, 2009). Além disso, deve-se levar em consideração fatores geomorfológicos na prevenção dos impactos ambientais de lixiviados de aterros sanitários, pois devido à movimentação dos lençóis, este pode dispersar-se e atingir poços artesianos (FONSECA, 1999).

Nesse cenário de maior preocupação dos impactos das ações antrópicas sobre o meio ocorre um crescimento do número de pesquisas que apontem tecnologias eficientes e capazes de dirimir o impacto da produção de resíduos sólidos e seus derivados.

3 Formas de Tratamento do Chorume

Devido às características do chorume, este deve ser tratado antes de ser lançado nos corpos d'água receptores, evitando-se, assim, maiores riscos de contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais.

O lançamento do efluente oriundo dos aterros sanitários em corpos hídricos receptores deve atender as diretrizes da Resolução CONAMA 430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Diversas são as formas de tratamento de lixiviados de aterros sanitários pesquisadas e empregadas no Brasil. A Tabela 2 apresenta as principais técnicas e suas vantagens e desvantagens no tratamento do chorume.

Tabela 1: Formas de tratamento utilizadas no Brasil, vantagens e desvantagens.

Formas de Tratamento do Chorume	Vantagens	Desvantagens
Remoção De Amônia Por Aeração Mecânica	Pode alcançar Eficiência de remoção de Amônia de 80%	Lançamento de elevada quantidade de Amônia na Atmosfera; Elevados custos com Energia.
Adsorção Em Carvão Ativado	Apresenta eficiência na remoção de matéria orgânica recalcitrante	Necessidade de dosagens elevadas de carvão para atingir remoções significativas da cor verdadeira
Processos De Membrana	Rendimentos de purificação que se aproximam a 100% para a maioria dos parâmetros estabelecidos pela legislação	Necessidade de grandes gastos energéticos
Evaporação	Redução do volume de Lixiviado	Necessidade de utilização de grandes áreas; elevados custos de aquisição; elevado gasto de energia.
Aspersão Sobre O Solo	Grande redução de volume	Problemas com odores, Dispersão de gotas pelo vento.
Coagulação, Floculação E Sedimentação	Eficiência nas remoções de cor verdadeira, DQO e turbidez.	Necessidade de grandes concentrações de coagulantes; Elevados Custos de Aquisição de Coagulantes; Grande volume de Lodo químico gerado.
Oxidação Química	Eficiência na remoção de Cloro superior a 90%	Necessidade de elevadas concentrações do agente oxidante; geração de grande quantidade de lodo;
Processo Foto-eletroquímico	Pequena área utilizada	Elevado gasto energético
Lagoas Anaeróbias E Facultativas	Satisfatória eficiência na remoção de DBO; Eficiente na remoção de patógenos; Construção, operação e manutenção simples; Reduzido custo de operação.	Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia; Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas.
Tratamento Conjunto Em Estações De Tratamento De Esgotos	Viabilidade na eficiência de remoção dos parâmetros legais.	Restrição da diluição do lixiviado no esgoto doméstico de 2 a 5%; Elevado custo de logística.
Recirculação De Lixiviado	Aceleração no processo de degradação da matéria sólida e tratamento do lixiviado.	Risco de acentuação da acidificação do meio e inibição da metanogênese da massa sólida
Tratamento Em Leito De Vermicomposto	Redução da concentração de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal	Necessidade de remoção dos nitritos resultantes do processo
Filtros Percoladores	Redução da concentração de DQO, DBO ₅ e COT	Colmatação dos filtros; Necessidade de associação com outras unidades de tratamento; Baixa eficiência na remoção de Nitrogênio amoniacal.
Contator Biológico Rotatório	Satisfatório desempenho no tratamento de lixiviados de aterros velhos e na nitrificação do líquido; Baixo consumo energético. Facilidade de Operação	Custo de construção e locais de abrigos para estes contadores.

Lagoas De Aeração Mecânica	Possibilidade de remoção de 90% de DQO e nitrogênio amoniacal.	Alto consumo energético
Lodos Ativados	Possibilidade de remoção de até 90% de DQO, DBO ₅ e metais.	Necessidade de unidade de decantação secundária após o tanque de aeração; Formação de espumas.
Reatores UASB	Baixo investimento inicial	Ineficiente aplicação no tratamento
Wetlands	Eficiente remoção de sólidos suspensos, matéria orgânica, nitrogênio orgânico e amoniacal, nitratos, fósforos e metais.	Necessidade de tratamento primário do lixiviado; Dificuldade de adaptação das macrófitas.

Fonte: Adaptado de BIDONE, 2007.

Dentre as técnicas apresentadas destaca-se a possibilidade de tratamento de lixiviado de aterro sanitário em estações de tratamento de esgotos domésticos desde que alguns requisitos sejam acatados, como a capacidade de recebimento pelo sistema de esgotos, ou seja, a estação de tratamento deve ter capacidade disponível, para receber essas cargas. Também é necessário que o processo de tratamento da estação seja compatível com as características do lixiviado e apresente condições para manejar e tratar o lodo produzido. Além de permitir o controle do volume que deve ter pequena proporção em relação à vazão total dos esgotos. Acredita-se que a qualidade do lixiviado tenha algum impacto sobre a performance das estações, entretanto, a eficiência deve ser pesquisada caso a caso. Quando há alta proporção de lixiviado para ser tratado, deve ser considerado o estabelecimento de um pré-tratamento (QASIM e CHIANG, 1994 *apud* BOCCHIGLIERI, 2010).

O tratamento combinado de lixiviado se refere ao seu lançamento junto ao afluente da estação de tratamento de esgotos, devendo resultar em um efluente tratado que atenda às exigências legais. No Brasil, o tratamento combinado já é utilizado em alguns locais, como os aterros sanitários Bandeirantes, São João, Vila Albertina e Santo Amaro, em São Paulo (SP), da Extrema, em Porto Alegre (RS), Salvaterra, em Juiz de Fora (MG), de Belo Horizonte (MG) e o aterro do Morro do Céu, em Niterói (RJ) (FACCHIN *et al*, 2000).

Ao se abordar o tratamento combinado, alguns pontos merecem especial atenção: dificuldades devido às altas concentrações de substâncias orgânicas e inorgânicas oriundas de lixiviado de aterros novos e velhos; corrosão de estruturas e os problemas operacionais derivados da precipitação de óxidos de ferro; efluentes tratados com elevadas concentrações de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal; a relação volumétrica entre o lixiviado e o esgoto não deve ultrapassar 2%; além da necessidade de adoção de pré-tratamento (FERREIRA *et al*., 2009).

Dentre todas as formas de tratamento é fundamental ponderar sobre as técnicas até agora empregadas a fim de melhor compreender o lixiviado de aterro sanitário. Por tratar-se

de tema complexo e que difere pelas suas concentrações e características particulares, do esgoto doméstico.

4 Materiais e Métodos

O aterro sanitário ou Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe, localizado na Rodovia BR 101, s/n- km 65-Zona Rural, Rosário do Catete, SE (Figura 2), processa cerca de 1.500 toneladas por dia de resíduo domiciliar, comercial e industrial. A unidade de Sergipe é responsável ainda por receber resíduos de 11 municípios, além da Grande Aracaju. São gerados cerca de 200 m³ por dia de chorume que são inicialmente armazenados em bacias de acumulação compostas por uma torre de equilíbrio e dois tanques horizontais, um coberto e outro descoberto.

Figura 2: Visão Aérea do C.G.R. Sergipe



Fonte: Google Earth (2017).

As amostras do lixiviado do Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe, em operação acerca de cinco anos, foram coletadas diretamente das bacias de acumulação do chorume antes do bombeamento para as carretas tanques transportadoras de chorume.

Foram realizadas seis campanhas de amostragem entre setembro e novembro de 2017 que contribuíram para a caracterização do objeto de pesquisa. A temperatura média no município de Rosário do Catete nesse período foi de 25,5° C e a pluviosidade nos meses de setembro, outubro e novembro foi respectivamente: 92 mm, 53 mm e 43 mm.

No Laboratório de Hidráulica e Saneamento do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS foram determinados e analisados os seguintes parâmetros: potencial Hidrogeniônico, condutividade, nitrogênio amoniacal, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, salinidade, sólidos totais

dissolvidos, fósforo, sólidos sedimentáveis, cor verdadeira e aparente, turbidez, cloretos e sólidos totais fixos e voláteis (Tabela 3).

Foram utilizados para as análises, os métodos padrões determinados pelo *Standard Methods* (APHA, 1995).

Tabela 3: Métodos analíticos e os equipamentos utilizados

Parâmetros	Métodos Analíticos e Equipamentos
Potencial Hidrogeniônico pH	Determinação direta com a Sonda multiparâmetros U52-G da HORIBA
Temperatura	Determinação direta com a Sonda multiparâmetros U52-G da HORIBA
Oxigênio Dissolvido	Determinação direta com a Sonda multiparâmetros U52-G da HORIBA
Salinidade	Determinação direta com a Sonda multiparâmetros U52-G da HORIBA
Sólidos Dissolvidos Totais	Determinação direta com a Sonda multiparâmetros U52-G da HORIBA
Condutividade	Determinação direta com a Sonda multiparâmetros U52-G da HORIBA
Cor Verdadeira e Aparente	Determinação direta com o Colorímetro Aquacolor Multi I Policontrol
Turbidez	Determinação direta com o Turbidímetro McFarland – MCF-500
DQO	Digestão em meio ácido através da oxidação por dicromato de potássio/Espectrofotômetro mod. OPTIZEN POP BIO, UV-VIS,
Fósforo	Espectrofotômetro mod. OPTIZEN POP BIO, UV-VIS,
Nitrogênio amoniacal	Destilação preliminar/ Titulométrico-Destilador de Nitrogênio
Cloretos	Determinação através do método argentométrico, com o método Mohr.
Sólidos Totais Fixos e Voláteis	Determinação através do Método Gravimétrico – apresentado por ABNT/NBR 10664 /1989
Sólidos Sedimentáveis	Método do Cone Imhoff – ABNT/NBR – 10561/1998
DBO ₅	Método Monométrico/Oxidirect

Analizados os parâmetros, os dados correspondentes as variáveis físicas e químicas foram tabulados a partir de uma planilha no aplicativo Excel. Em seguida foram realizadas ponderações, analisando-as separadamente e posteriormente foram associadas de acordo com suas correlações analíticas. A média aritmética e a percentagem dos dados amostrados foram realizadas a fim de se obter uma visão geral dos valores referentes às amostras. Para visualizar de forma mais simples, o grande volume de dados provenientes do processo de amostragem, foi representado através de gráficos.

5. Resultados e Discussão

Os resultados analíticos dos parâmetros físicos e químicos analisados seguem na Tabela 4. Apenas os parâmetros temperatura do ar e da amostra, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos e salinidade apresentaram coeficiente de variação menor que 15%, indicando que esses parâmetros são homogêneos e apresentam baixa dispersão entre as médias. Já os parâmetros Cor, Nitrogênio amoniacal, cloretos e DBO₅, apresentaram média

dispersão, com coeficientes de variação entre 15% e 30%. Os parâmetros DQO, Fósforo e turbidez, apresentaram coeficientes de variação além de 30% o que significa que possuem alta dispersão entre as médias e elevada heterogeneidade no conjunto de dados.

Tabela 4: Análise descritiva dos parâmetros analisados no chorume do CGR Sergipe

Parâmetros	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão	Coef. de Variação
Temperatura da Amostra (°C)	32,75	31,21	33,81	0,90	2,75%
pH	7,70	7,24	8,03	0,27	3,50%
Condutividade (mS/cm)	21,41	17,60	22,70	1,77	8,26%
Salinidade (%)	127,70	104,00	136,00	11,00	8,59%
STD (mg/l)	1329,33	1090,00	14,10	1,11	0,82%
DQO (mg/l)	3676,92	1931,81	6590,32	1824,53	46,61%
Fósforo (mg/L)	1,56	0,40	2,39	0,68	43,58%
Cor Verdadeira (UC)	2973,25	1994,50	4400,00	777,02	26,01%
Cor Aparente (UC)	3440,50	2285,00	4170,00	667,31	19,39%
Turbidez (NTU)	435,60	313,30	740,30	144,66	33,20%
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	1607,33	1019,20	2026,08	400,08	24,89%
DBO₅ (mg/l)	1311,24	656,00	1773,00	332,78	25,37%
Cloretos (mg/l)	6540,68	3865,50	8021,31	1335,04	20,41%
Temperatura do Ar (°C)	26,60	25,00	30	1,57	6,03%

DP= desvio padrão CV= coeficiente de variação

O desvio padrão é uma medida que indica a dispersão dos dados dentro de uma amostra com relação à média. Quanto menor o desvio padrão da média, mais homogêneo é o conjunto. Dessa forma, os parâmetros temperatura do ar e da amostra, pH, condutividade, salinidade, STD, fósforo, apresentaram valores amostrais condensados próximos a média, enquanto que os demais parâmetros apresentam valores amostrais bem distribuídos em torno da média.

A grande disparidade entre as médias dos parâmetros pode ser explicada pela diluição do chorume em função da pluviosidade que percola pela massa de resíduos e que é recebida no tanque horizontal e da variação do local de onde eram recolhidas as amostras. Já que no mês de setembro as amostras foram bombeadas do tanque horizontal abrigado da pluviosidade e em profundidade desconhecida. Além disso, o chorume apresenta intensa variação na sua constituição em função da sazonalidade climática, fatores operacionais do aterro, composição dos resíduos sólidos, tempo de disposição do resíduo e do seu teor de umidade.

Os parâmetros Oxigênio dissolvido, sólidos totais fixos e sólidos totais voláteis foram analisados, porém não foram incorporados aos resultados da pesquisa, o primeiro devido às condições de extração da amostra na qual houve oxigenação da mesma alterando suas

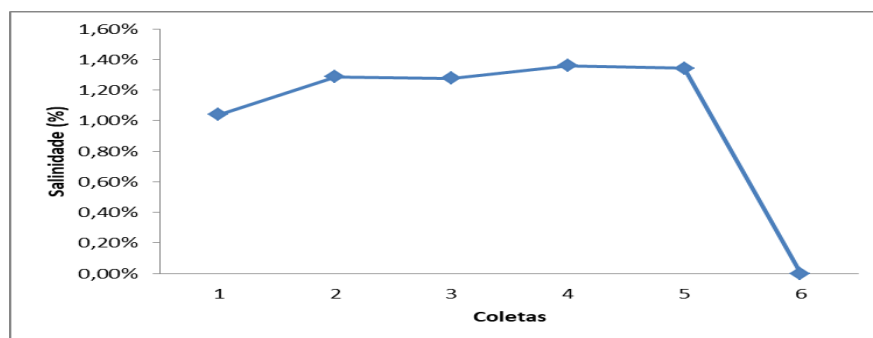
características e os sólidos devido à ocorrência de erros de amostragem no processo de análise.

Conforme descrito na metodologia, os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos estão expressos na forma de gráficos para uma melhor visualização das variações encontradas de um mesmo componente.

- **Salinidade x Condutividade x Sólidos Totais Dissolvidos**

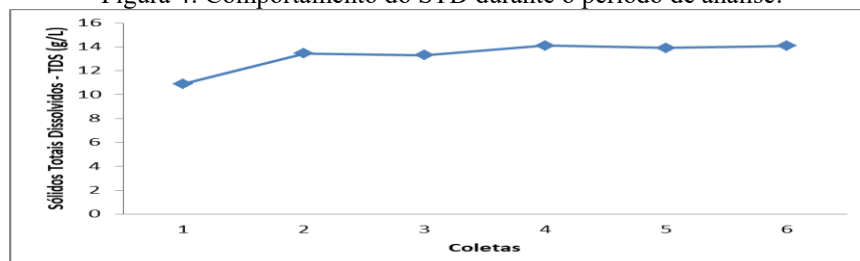
A salinidade das amostras apresentou uma média de 1,28% durante as 12 semanas de análises (Figura 3). Os dados obtidos das análises das amostras de chorume apontaram elevado teor de sólidos totais dissolvidos, em média 13,29 g/l (Figura 4) e elevada condutividade, 21,41 mS/cm com pouca variação durante o período de análises (Figura 5).

Figura 3: Comportamento da Salinidade durante o período de análise



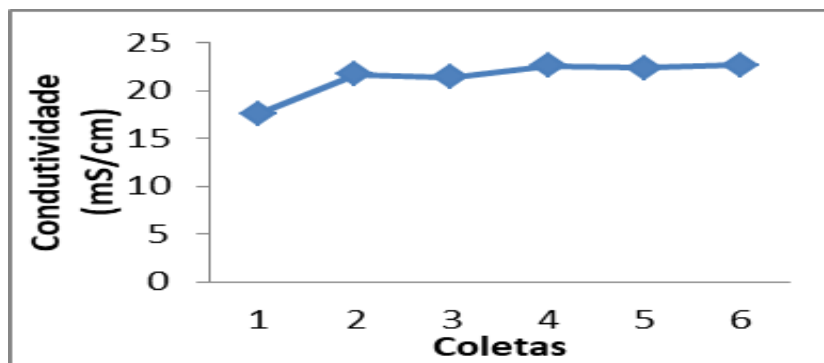
O expressivo índice de salinidade apresentado pelo lixiviado pode ser observado ao se comparar os resultados obtidos com a água dos oceanos da Terra que apresentam uma salinidade média aproximada de 35‰, ou seja, 35 gramas de sal por mil gramas de água. Já a água salobra seria aquela que tem salinidades entre 0,05% e 3,0%. Finalmente, a água doce pode ter uma salinidade entre 0 e 0,5‰. Esse índice desse ser considerado ao se realizar o tratamento do lixiviado e seu posterior aporte em corpos hídricos.

Figura 4: Comportamento do STD durante o período de análise.



A condutividade elevada das amostras de chorume está relacionada a concentração de sólidos dissolvidos, também elevada. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade aumenta, pois, o alto teor de sólidos dissolvidos e a elevada salinidade denotam a variedade de íons encontrados no chorume.

Figura 5: Comportamento da condutividade durante o período de análise.



Além disso, o parâmetro salinidade deve ser observado com cautela, pois influencia na capacidade da água em dissolver oxigênio. O aumento da salinidade diminui a solubilidade do O_2 na água. Assim, a quantidade de minerais ou a presença de elevadas concentrações de sais dissolvidos na água em decorrência de atividades potencialmente poluidoras podem, mesmo que em pequena intensidade, influenciar o teor de Oxigênio Dissolvido na água (FIORUCCI e BENEDETTI FILHO, 2005).

De acordo com Robinson (1993), a salinidade elevada é uma característica constante do chorume, merecendo, portanto, especial atenção ao se considerar o tratamento e posterior aporte em corpos hídricos, pois a biota aquática tem elevada resistência à salinidade.

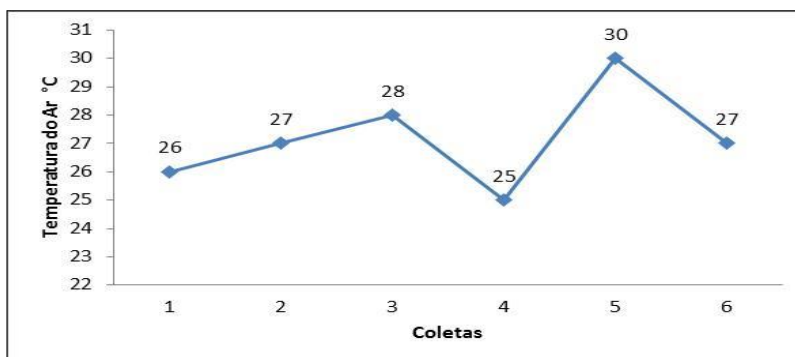
- **Temperatura do Ar e da Amostra**

A temperatura é um parâmetro de elevada importância, pois além de ter influência direta sobre outros fatores, deve condizer com os padrões de lançamento de efluentes determinados pela resolução CONAMA 430/2011, em que a temperatura do efluente é inferior a 40°C.

As amostras de chorume analisadas alcançaram a temperatura média de 32,75 °C (Figura 6), enquanto que a temperatura do ar apontou uma média de 26,6 °C com uma amplitude térmica de 4°C (Figura 7). Valores semelhantes de temperatura, 33,8°C, do

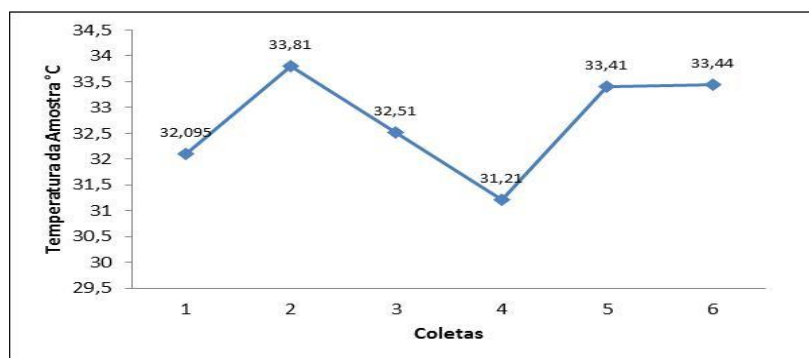
chorume foram encontrados por Maria (2010) no aterro da região metropolitana de Belo Horizonte/MG.

Figura 6: Comportamento da temperatura do ar durante as semanas.



As altas temperaturas das amostras do lixiviado evidenciam a ocorrência de processos de decomposição dos resíduos em virtude da geração de calor pelo metabolismo microbológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico. O desenvolvimento da temperatura está relacionado com vários fatores, materiais ricos em proteínas, baixa relação Carbono/Nitrogênio, umidade e outros.

Figura 7: Comportamento da temperatura das amostras durante as semanas



Nos aterros sanitários a temperatura afeta diretamente a composição dos lixiviados já que o aumento da temperatura favorece a solubilidade de sais e dessa forma o lixiviado produzido será rico em sais dissolvidos fato este que corrobora com altos teores de salinidade e condutividade expostos nas figuras 3 e 5.

- **Turbidez**

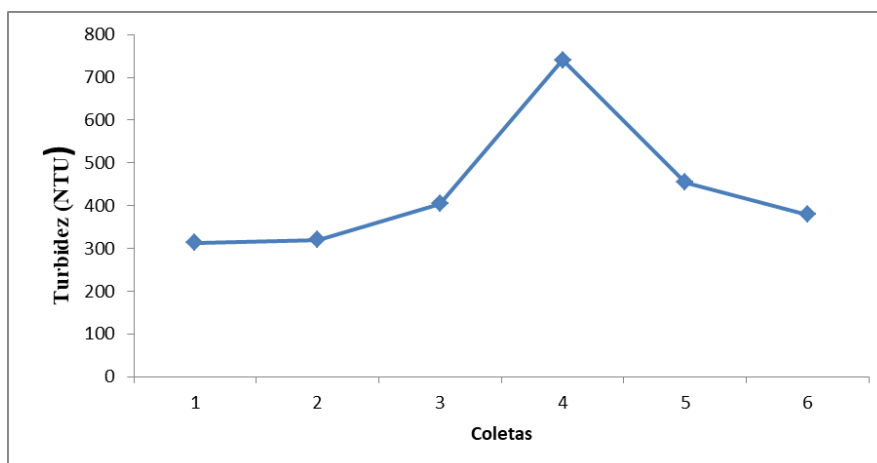
O parâmetro turbidez mostrou um grau de atenuação de intensidade do feixe de luz ao atravessar a amostra da ordem de 740,30 NTU e uma média de 435,6 NTU (Figura 8). Os

índices de turbidez analisados do chorume do CGR/SE estão próximos aos observados no Aterro Metropolitano de Gramacho por Lange e Amaral (2009), da ordem de 190-605 NTU.

Os valores apresentados encontram-se acima do que preconiza a resolução CONAMA 357/2005 cujo padrão para águas doces classe III de turbidez não poderá ultrapassar 100 unidades nefelométricas de turbidez (NTU) fato que deve ser considerado ao tratar o lixiviado de aterro para posterior aporte em corpos hídricos receptores. A técnica de tratamento adotada para o lixiviado deve levar em conta a atenuação da cor de forma a atender os critérios da legislação.

As partículas que provocam esse elevado índice de turbidez no chorume correspondem aos sólidos suspensos que no caso de chorume de aterros novos encontram-se elevados devido ao processo de formação do lixiviado e sua percolação no leito do aterro, que em razão do recente processo de compactação funciona como filtro retendo por filtração ou adsorção os sólidos em suspensão.

Figura 8: Comportamento da turbidez durante o período de análise.

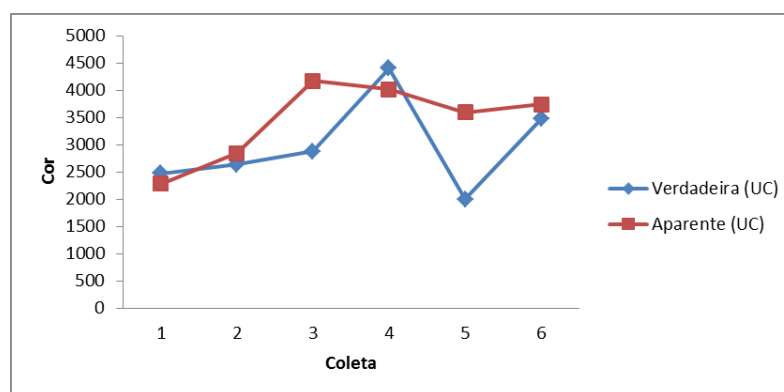


A elevada turbidez indica que além da alteração na qualidade estética das águas, o excesso de sólidos pode afetar a comunidade aquática interferindo no metabolismo dos organismos autotróficos submersos, dificultar a realização da fotossíntese, consequentemente prejudicando também os demais organismos heterotróficos dependentes do oxigênio dissolvido produzido na fotossíntese para respiração, podendo, portanto quando não tratada adequadamente causar prejuízos a qualidade da água dos cursos d'água.

- **Cor**

A cor aparente e a verdadeira diferem entre si, pois, na cor verdadeira ocorre a filtragem da amostra para remover sólidos suspensos através de duas membranas de celulose, sendo uma de papel filtrante com 150 mm e a outra em fibra de vidro GF-3e diâmetro de 47 mm. A cor verdadeira apresentou uma média de 2973,25 UC enquanto que a cor aparente apresentou uma média de 3440,50 UC (Figura 9).

Figura 9: Comportamento da COR durante o período de análise.



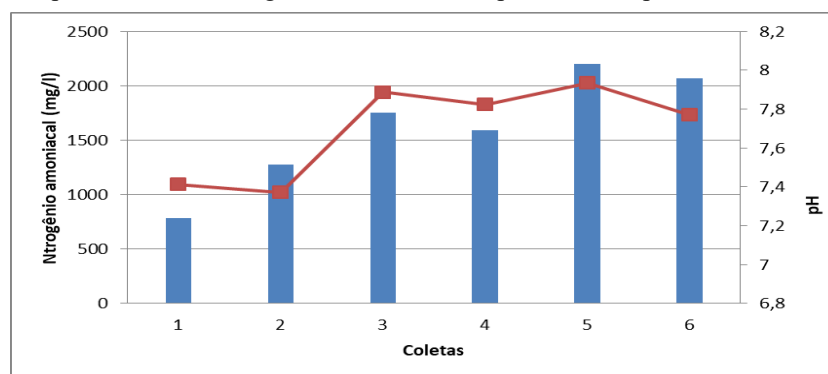
As amostras de chorume analisadas apresentaram coloração marrom escuro com elevado padrão de cor, o que pode indicar a formação de substâncias húmicas e fase metanogênica além da presença de possíveis corantes orgânicos sintéticos e ou residuais, óxidos de ferro, manganês e cobre, inorgânicos (metais pesados) e outros subprodutos de biodegradação. Segundo Pedroso (2012), a coloração escura representada principalmente pela cor marrom e preta no chorume, é indicativa da presença de grande quantidade de compostos dissolvidos e em suspensão.

- **pH x Nitrogênio amoniacal**

Evidencia-se através da Figura 10, a correlação existente entre o comportamento do pH e da concentração do nitrogênio amoniacal durante o período de análises, em virtude da homogeneidade da curva apresentada. O valor médio do pH foi de 7,7 enquanto que o valor médio da concentração de nitrogênio amoniacal foi de 1607,33 mg/l. Analogamente, Machado (2009), encontrou valores médios de 1473 mg/l de Nitrogênio amoniacal no chorume bruto e demonstrou que os altos valores de nitrogênio amoniacal não convertidos em nitrato e nitrito são características de um lixiviado com alta carga orgânica.

Os valores encontrados de pH de acordo com Souto (2009) direcionam a uma fase metanogênica do lixiviado pois, nessa fase a biomassa consome os ácidos voláteis do lixiviado fazendo com que sua concentração fique abaixo de 100mg/L provocando a diminuição da carga orgânica aliada a um aumento do pH, que sobe para a faixa entre 7 e 8. O nitrogênio amoniacal continua sendo gerado e suas concentrações aumentam no lixiviado. Além disso, a elevação do pH diminui a solubilidade dos compostos inorgânicos, trazendo como consequência a queda na condutividade carga inorgânica. O pH do lixiviado não depende apenas da concentração de ácidos presentes, mas também da pressão parcial de CO_2 no gás do aterro que está em contato com o lixiviado.

Figura 10: Comportamento do nitrogênio amoniacal e do pH durante o período de análise.



A forma predominante de nitrogênio é a do nitrogênio amoniacal, na forma de bicarbonato de amônio e N-amônia livre, em lixiviados de aterros sanitários. O bicarbonato de amônio se forma no interior do aterro em meio anaeróbico quando a amônia formada pela decomposição da matéria orgânica é neutralizada pelo ácido carbônico formado pela reação entre a unidade do resíduo e o dióxido de carbono também resultante da decomposição da matéria orgânica (CAMPOS *et al.*, 2008).

Ainda, segundo a autora, quase todo nitrogênio orgânico é convertido a nitrogênio amoniacal e essa amônia é oriunda da degradação da matéria orgânica. Dissolvida na água, a amônia pode se ionizar, recebendo um íon hidrogênio e se convertendo no íon amônia (NH_4^+). Por ter carga, o íon amônio contribui para a condutividade do meio onde se encontra. A amônia, em fase aquosa, encontra-se em equilíbrio de duas formas, que são a iônica (NH_4^+) e a molecular gasosa (NH_3). A amônia livre é passível de volatilização, ao passo que a amônia ionizada não pode ser removida por volatilização. Com a elevação do pH, o equilíbrio da reação se desloca para a esquerda, favorecendo a maior presença de NH_3 . No pH em torno da neutralidade (7), praticamente todo o nitrogênio amoniacal encontra-se na forma de NH_4^+ ,

enquanto que no pH em torno de 9,2, cerca de 50% do nitrogênio amoniacal está na forma de NH_3 e 50% na forma de NH_4^+ .

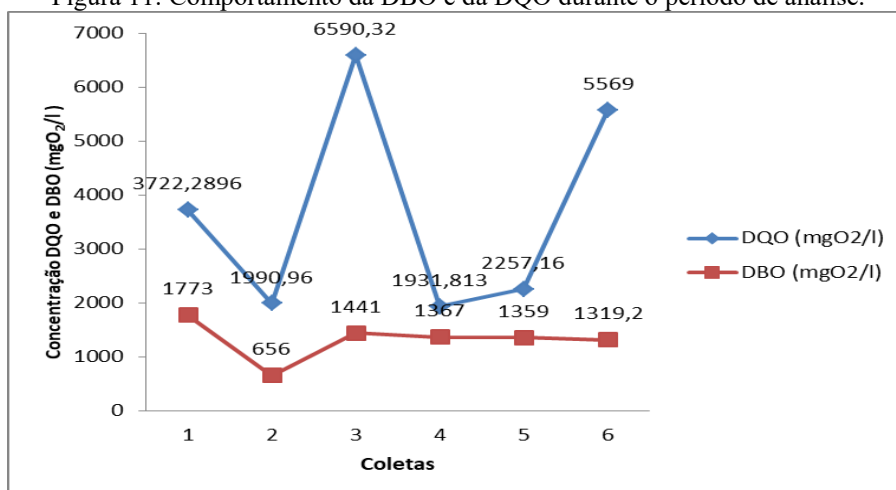
Quanto maior a temperatura e o pH, mais tóxica é a amônia. Além disso, ele é um fator limitante do crescimento celular, bastante importante em sistemas de tratamento de efluentes pois quando descartado em corpos d'água, sem um tratamento anterior, diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido na água, causando o aumento de algas e toxicidade à biota aquática, dependendo do equilíbrio entre nitrogênio e fósforo (SEGATO, 2000).

Os critérios legais de restrição à diluição destes parâmetros em esgotos sanitários encontram-se na resolução CONAMA nº430/2011 e determina que no caso de sistemas de tratamento de esgotos sanitários que recebam lixiviados de aterros sanitários, o órgão ambiental competente deverá indicar quais os parâmetros da Tabela I do art. 16, inciso II desta Resolução que deverão ser atendidos e monitorados, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total.

• DQO x DBO

A análise da DBO do lixiviado do CGR/SE apresentou valor médio de 1311,24 mgO_2/l e valor médio de 3676,92 mgO_2/l de DQO (Figura 11). Corroborando com Brito (2014), ao afirmar que maiores valores de DQO são encontrados em lixiviados de aterros jovens, pois a percentagem de matéria orgânica decai com o tempo de disposição do resíduo. Os dados de caracterização apresentam certa similaridade com os dados apresentados por Lins (2011) para o lixiviado do aterro da Muribeca/ PE, com uma média de 3467 mgO_2/l de DQO.

Figura 11: Comportamento da DBO e da DQO durante o período de análise.



De acordo com Segato e Silva (2000) pode-se enquadrar o lixiviado do CGR/SE na fase metanogênica (depois de 1 a 4 anos de operação do aterro) em que as concentrações de DQO diminuem e aumenta a concentração de nitrogênio amoniacal até chegar a valores de 4000 mg/l. Diferente de quando o chorume é coletado na fase ácida quando o aterro é novo (0 a 2 anos de operação em média) e não atingiu a fase estável de fermentação anaeróbica, o pH é baixo e as concentrações de DQO são elevadas, podendo chegar a 40000 mgO₂/l .

Segundo Souto (2009), a DQO na fase metanogênica revela uma redução já a DBO não aumenta porque as substâncias facilmente biodegradáveis, mesmo que produzidas em maior quantidade, terminam sendo consumidas no próprio aterro.

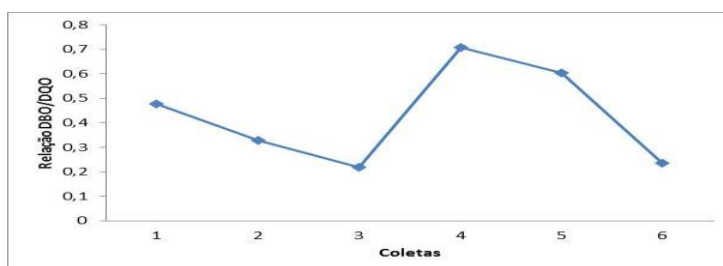
Os níveis da Demanda Bioquímica de Oxigênio não apresentaram elevada variação durante o período analisado corroborando com Souto e Povinelli (2007), em cujas pesquisas apresentaram valores de concentração mínima de DBO para lixiviados brutos de 25 aterros brasileiros de 20mg.L. Os valores encontrados podem estar relacionados a influência do período seco, com pouca ou nenhuma pluviosidade.

• Relação DBO/DQO

A relação DBO/DQO encontrada na análise do lixiviado do CGR de Sergipe foi da ordem de 0,4, apresentando uma oscilação entre 0,2 e 0,7 (Figura 12). A utilização dos dois parâmetros é útil para indicar a presença de substâncias orgânicas resistentes ao ataque biológico e a existência de condições tóxicas.

Segundo Lange e Amaral (2009), a relação DBO/DQO tem sido usada como um indicador do nível de degradação biológica do lixiviado, apesar de suas limitações. Para aterros jovens, os valores da relação DBO/DQO variam entre 0,5 e 0,8, pois uma fração considerável da DQO corresponde a ácidos graxos voláteis; para aterros antigos esses valores caem para a variação de 0,4 a 0,8, pois a maior parte dos compostos biodegradáveis já foi degradada. Metcalf e Eddy (2016) corroboram com essa afirmação e acrescentam que o lixiviado com relação DBO/DQO entre 0,2-0,4 possui pouca a média biodegradabilidade.

Figura12: Comportamento da curva da relação entre DBO/DQO no período de análise



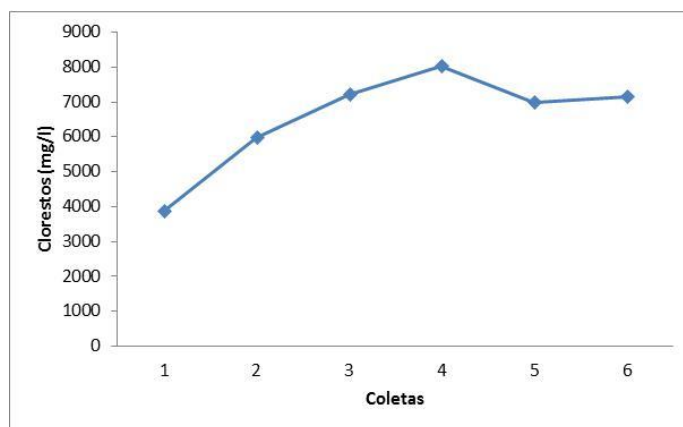
Geralmente, os processos biológicos são indicados para tratar lixiviado com alta relação DBO/DQO (entre 0,4 e 0,8) devido ao baixo custo operacional. Os métodos físico-químicos têm sido sugeridos para tratamento de lixiviado antigo e diluído com baixa biodegradabilidade (relação DBO/DQO < 0,4) e que necessita de tratamento químico mais agressivo para redução do teor de matéria orgânica dissolvida (MARTTINEN *et al*, 2002).

- **Cloretos**

O teor de cloretos presentes das amostras de lixiviados do aterro sanitário do CGR de Sergipe foi da ordem de 6540,6 mg/l como mostra a Figura 13. A média de cloretos encontrada no CGR/SE condiz com a faixa identificada por Giordano (2002) no chorume gerado pelo aterro metropolitano de Gramacho/RJ, 4320 a 15540 mg/l.

Souto (2009), afirma que os cloretos e os metais alcalinos são muito solúveis por natureza e por isso são rapidamente liberados durante a fase de metanogênese do lixiviado de aterro sanitário sem influenciar de forma significativa a DQO.

Figura 13: Comportamento do Cloreto durante o período de análise.



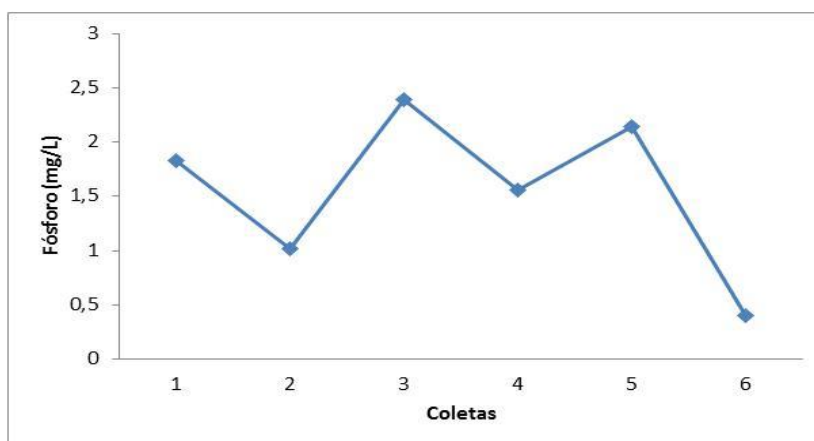
A elevada concentração de íons cloreto presente nos lixiviados pode causar implicações ao tratamento destes, tanto na etapa de remoção de matéria orgânica quanto na remoção de amônia por processos biológicos. Segundo Chernicharo (1997), a toxicidade no processo de digestão anaeróbia, a partir da presença de cloretos no chorume, geralmente não se constitui num problema para os microrganismos presentes no meio. Isto porque a toxicidade por sais está normalmente associada ao cátion e não ao ânion adicionalmente, os íons cloreto podem provocar efeito antagônico ao se combinarem com cátions metálicos,

como prata, mercúrio e chumbo, formando complexos estáveis e reduzindo, assim, a concentração desses metais na forma solúvel e, conseqüentemente, os riscos de toxicidade no efluente.

- **Fósforo**

O teor de fósforo encontrado nas análises apresentou uma média de 1,56 mg/l (Figura 14). Nos lixiviados de aterros sanitários o fósforo é liberado durante a formação de ácidos e são aproveitados para o crescimento da biomassa microbiana, porém, apresenta-se como elemento limitante no ambiente do aterro, quanto menos diluído é o chorume menor é a concentração do fósforo. Praticamente todo o fósforo encontrado nos lixiviados está na forma de ortofosfato, agindo como tampão alcalino e contribuindo para sua alcalinidade parcial (SOUTO, 2009).

Figura 14: Comportamento do Fósforo durante o período de análise.



Teores elevados de fósforo podem conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas, porém junto com as substâncias húmicas, as elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, baixa concentração de fósforo, característicos do lixiviado estabilizado, dificultam o tratamento biológico tornando-o alvo dos tratamentos físicos e químicos (TATSI *et al*, 2003).

6 Conclusão

- Houve significativa variação nas concentrações dos parâmetros analisados durante o período de três meses;
- Faz-se necessário uma caracterização criteriosa do lixiviado do aterro sanitário CGR/SE, devido a sua alta complexidade e a sua relação com as características sazonais climáticas de pluviosidade, temperatura e constituição da massa de resíduos, de forma a subsidiar o estabelecimento de técnicas de tratamento eficazes e viáveis ambiental e economicamente;
- Apenas a análise dos parâmetros convencionais: DQO, DBO, Nitrogênio, Cloretos, Fósforo e Sólidos não fornecem subsídios de garantias para sistemas ideais de tratamentos desse efluente;
- Sugere-se que além das técnicas de caracterização aqui empregadas, outras técnicas como: DQO inerte, biodegradabilidade aeróbia e distribuição de massa molecular, possam ser utilizadas em experiências futuras com o lixiviado de aterro sanitário;
- Os valores de pH encontrados nas análises podem direcionar para um estágio de metanogênese do lixiviado, apresentado valores de DQO baixos e altos teores de cloretos que ocasionam elevada condutividade.

CHARACTERIZATION OF THE CHORUM OF THE SERGIPE WASTE MANAGEMENT CENTER

Abstract

A major environmental concern today is related to the solid waste generated by modern society. The safest alternative to waste consists of well-built landfills, operated efficiently and in the right location. However, one disadvantage of the use of landfills would be the generation of large volumes of manure because it has a high potential for environmental contamination. Since the known and costly forms of treatment are not of satisfactory effectiveness in the removal of all the contaminants present, it is essential to know their characteristics before choosing the appropriate treatment. The objective of this work was to characterize the slurry properties of the Waste Management Center of Sergipe - CGR, through the physicochemical analysis of samples collected from the landfill. Knowing the identity of the compounds present in the manure, one can predict the effectiveness of the treatment of the same. Samples of the CGR leachate were collected directly from the sludge accumulation basins and in the IFS Hydraulic and Sanitation Laboratory, the collective parameters were analyzed according to the Standard Methods: DBO, DQO, Ammoniacal Nitrogen, Phosphorus, Dissolved Total Solids, Salinity, Conductivity, Sedimented Solids, Total Solids, Chlorides, Temperature Turbidity, Color and Dissolved Oxygen. From the result of the analysis of the obtained parameters it can be concluded that there was a great variation in the concentrations of the analyzed parameters during the period of three months, at the beginning of the dry period, which shows its high complexity and evidences the necessity of a characterization. This criterion extends to the rainy season of the landfill leachate in order to know the variation of the parameters in all the climatic conditions in the municipality of Rosário do Catete / SE.

Key words: slurry, parameters, landfills

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8419/1992. Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos- Procedimentos.

_____ NBR 10664/1989. Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico Método de Ensaio- Procedimentos.

_____ NBR 10561/1988. Águas - Determinação de resíduos sedimentável (sólidos sedimentáveis) -Método do cone de Imhoff Método de Ensaio- Procedimentos.

ABRELPE- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, Relatório Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2014. Disponível em:< <https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2015/07/panoramaabrelpe.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2017

APHA, AWW, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th. Edition. Amercian Pub;ic Health Association, Washington, DC., 1995.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>> Acesso em: 31 out 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 31 out 2017.

BARKER, D.J.; STUCKEY,D.C. A review of soluble microbial products (SMP) in wastewater treatment systems. Water Research, v. 33, n. 14, p. 3063-3082, 1999. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135499000226>>. Acesso em: 31 out. 2017.

BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R., **Descoloração E Degradação De Poluentes Orgânicos Em Soluções Aquosas Através Do Processo Fotoeletroquímico** Rev Quim. Nova, Vol. 25, No. 3, 477-482, 2002 . Disponível em:

<http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol25No3_477_21.pdf> Acesso em: 31 out 2017.

BIDONE, R.F., **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos**: estudo de caso- Central de Resíduos do Recreio, em Minas do Leão/RS, Dissertação (Mestrado-Programa de Pós Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em:

<file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dissert_RicardoBidone.pdf>

Acesso em: 31 out 2017.

BOCCHIGLIERI, M. M., **O lixiviado dos aterros sanitários em estações de tratamento do sistema público de esgoto**, Tese (Programa de Pós Graduação em Saúde Pública – Área de Concentração Saúde Ambiental-Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <

file:///C:/Users/Administrador/Download//Tese_Miriam_Moreira.pdf> Acesso em: 31 out 2017.

BRITO, R.A.; Ozonização catalítica do chorume proveniente do aterro sanitário de Cachoeira Paulista- SP na presença de ferro em sistema contínuo - Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em engenharia Química, Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97137/tde-24032015.../EQD14008_C.pdf. Acesso em: 30 out. 2017

CAMPOS, D. C.; LEITE, V.D.; LOPES, W.S.; RAMOS, P.C.A., Rev. TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v.14, n. 2 p.52-60, jul./dez. 2008. Disponível em:

<<file:///C:/Users/Administrador/Downloads/1497-5246-1-PB.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2017

CHERNICHARO, C.A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeró- bios. v. 5. Minas Gerais: Desal/EEUFMG, 1997.

CHRISTENSEN, T. H.; BJERG, P.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN J. B.; CHRISTENSEN, A.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H. J.; HERON, G.; **Characterization Of The Dissolved Organic Carbon In Landfill Leachate-Polluted Groundwater**, Appl. Geochem . 16, 659,

2001. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135497002029>> Acesso em: 31 out 2017.

FACCHIN, J.M.J.; COLOMBO, M. C. R.; COTRIM, S. L.S.; REICHERT, G. A., **Avaliação do tratamento combinado de esgoto e lixiviado de aterro sanitário na ETE LAMI (Porto Alegre)** após o primeiro ano de operação. In: 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Anais. Do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre. Rio de Janeiro: ABES, 2000

FERREIRA, J.A.; CANTANHEDE, A.L.G.; LEITE, V.D.; BILA, D.M.; CAMPOS, J.C.; YOKOYAMA, L.; FIGUREIREDO, I.C.; MANNARINO, C.F.; SANTOS, A.S.; FRANCO, R.S.O.; LOPES, W.S.; SOUSA, J.T., **Tratamento Combinado de Lixiviados de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos com Esgoto Sanitário**, Inc Resíduos Sólidos :Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras GOMES, L.P. (coordenadora). Projeto PROSAB, São Leopoldo, RS : ABES, 2009.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E.; A importância do Oxigênio Dissolvido nos ecossistemas aquáticos. Química Nova Na Escola, nº 22, novembro 2005. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>>. Acesso em: 02 nov 2017

FONSECA, E. **Iniciação de Estudos dos Resíduos Sólidos da Limpeza Urbana**, 1999, Gráfica e Editora União.

GIORDANO, G.; FERREIRA, J.A.; PIRES, J.C.A.; RITTER, E.; CAMPOS, J.C.; ROSSO, T.C.A., Tratamento Do Chorume Do Aterro Metropolitado De Gramacho – Rio De Janeiro - Brasil in: In: 28º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002, Anais. Do 28º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancun, México, ABES, 2002

GOUVEIA, N.; PRADO, R.R., **Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos**, Rev Saúde Pública 2010;44(5):859-66. Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/de9c/517e5ef04641593faab66416df26b58b003c.pdf>>.

Acesso em: 31 out 2017.

GUIMARÃES, J.R.; NOUR, E.P.A., **Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza.**, Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola Edição Especial maio de 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>>. Acesso em: 02 nov 2017

HAMADA, J.; MATSUNAGA, I. Concepção do sistema de tratamento de chorume para aterro sanitário de Ilhéus- BA. IX SILUBESA-Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1515-1524p. 2000.

HO, S.; BOYLE, W.C.; HAM, R.K. **Chemical treatment of leachates from sanitary landfills.** Journal of Water Pollution, Control Federation, v. 46, p. 1776-1791, 1974

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.

LANGE, L.C.; AMARAL, M.C.S., **Geração e Características do Lixiviado**, IN: Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras/Inc Resíduos Sólidos :Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras GOMES, L.P. (coordenadora). Projeto PROSAB, São Leopoldo, RS : ABES, 2009.

LEITE C.M.B., BERNARDES R.S.O., SEBASTIÃO A. **Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental; ed: 8:111-5, 2004

LIMA, L.M.Q. **Estudo da Influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário**, 242 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento; Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 1988.

LINS, E.A.M.; LINS, C.M.M.S.; JUCA, J.F.T.; ALVES, M.C.M.; PALHA, M.L.P.F., Estudo das características do lixiviado do aterro da Muribeca antes e após o encerramento IN: Anais do 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre/RS, 2011. Disponível em:

http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://servicos.cabo.pe.gov.br/pners/CONTE%25C3%259ADO%2520DIGITAL/ATERROS%2520SANIT%25C3%2581RIOS/ESTUDO%2520-%2520LIXIVIADO%2520ATERRO%2520DA%2520MURIBECA.pdf&gws_rd=cr&dc=0&ei=XL8pWtuHB8y0wATpkLXQAg. Acesso em: 30 out.2017.

LO, I.M.C., Chacarcteristics and treatment of leachates from domestic landfills. Enviromental International. V.22 n.4 p. 433-442, 1996.

MACHADO, Célia de Fátima. Avaliação da presença de microrganismos indicadores de contaminação e patogênicos em líquidos lixiviados do aterro sanitário de Belo Horizonte. Dissertação de mestrado, UFMG; 2004.

MARIA, M. A., Caracterização de lixiviados de aterros sanitário e industrial da região metropolitana de Belo Horizonte, Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2010. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/ENGD-8CVM9Q>>. Acesso em 28 out. 2017.

MARTTINEN, S.K.; KETTUNEN, R.H.; SORMUNEN, K.M.; SOIMASUO, R.M.; RINTALA, J.A., Screening of physical-chemical methods for removal of organic material,nitrogen and toxicity from low strenght landfill leachates. Chemosphere, v. 46, n. 54, p. 851-858, 2002

METCALF, L.; EDDY, H. P.; **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**, Porto Alegre, RS, AMGH. 5 ed, 2016

MORAIS, J. L.; SIRTORI, C.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; **Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional**, Quím. Nova vol.29,no.1,São Paulo,Jan./Feb.,2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000100005> Acesso em:01 nov 2017

OLIVEIRA, S. ; PASQUAL, A. (2004). Avaliação de Parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.9, n.3, p. 240-249

PEDROSO, Keylla. Avaliação do tratamento do lixiviado do aterro sanitário de Maringá, Paraná, por processo de coagulação/floculação e ozonização. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Tecnologia do departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

PINTO, M. C. F. Manual medição in loco, 2007. Disponível em:<file:///C:/Users/Administrador/Desktop/carolina/tcc/resultados%202.pdf> . Acesso em: 02 nov 2017

QASIM S.R.; CHIANG, W. **Sanitary Landfill leachate:** generation, control and treatment. Pensilvânia: Tachnomic Publishing Company, Inc, 1994. Disponível em:< <http://www.karen-fukuhara.com/sanitary-landfill-leachate-generation-control-and-treatment.pdf>. >Acesso em:01 nov 2017

ROBINSON, H.D., “The treatment of landfill leachates using reed bed systems” Proceedings of fourth International landfill symposium, Sardinia, Italy, pp. 907-921. 1993.

ROCHA, E. M. R., **Desempenho de um sistema de lagoas de estabilização na redução da carga orgânica do percolato gerado no aterro da Muribeca –PE.** 2005. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

SÁ, L. F.; JUCÁ, J. F. T.; MOTTA SOBRINHO, M. A. **Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 1, p.204-217, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n1/v7n1a16.pdf>. >. Acesso em:01 nov 2017

SEGATO, L.M.; SILVA, L.C., **Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru,** Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental., p.9. 2000. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-039.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2017

SERAFIM,, A. C.; GUSSAKOV, K. C; SILVA, F.; CONEGLIAN, C. M. R. ;BRITO, N. N.; SOBRINHO, D. G.; TONSO, S. ; PELEGRINI, R., **Chorume, Impactos Ambientais E**

Possibilidades De Tratamentos, Anais do III Fórum de Estudos Contábeis 2003, Faculdades Integradas Claretianas – Rio Claro – SP – Brasil. Disponível em:

<<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Chorume-impactos-ambientais-e-possibilidades-de-tratamento.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2017

SISINNO, C.L.S. **Destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais no estado do Rio de Janeiro**: avaliação da toxicidade dos resíduos e suas implicações para o ambiente e para a saúde humana. Escola nacional de saúde pública, Rio de Janeiro, 2002. (Tese de Doutorado). Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/4374>> Acesso em: 1 nov. 2017

SOUTO, G.D.B., **Lixiviados de Aterros Brasileiros** – estudo de remoção de nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (stripping), Dissertação (Mestrado-Programa de Pós Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Administrador/Downloads/TeseGabrielSouto.pdf> Acesso em: 02 nov 2017

SOUTO, G.B.; POVINELLI, J. Características do lixiviado de aterros sanitários no Brasil. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Anais...ABES. Belo Horizonte, 2007.

SUSARLA, S.; MASUNAGA, S. ;YONEZAWA,Y. **Reductive dechlorination pathways of chloro organics under anaerobic conditions**, Wat. Sci. Tech., vol 34: 489 (1996). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/027312239600683>> Acesso em: 01 nov 2017

TATSI, A.A.; ZOUBOULIS, A.L.; MATIS, K.A.; SAMARAS, P., Coagulation–flocculation pre-treatment of sanitary landfill lichgates. Chemosphere, v. 53, p. 737-744, 2003.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H.; VIGIL, S.A. Integrates solid waste manangment: Engineering prnciples andd manangnet issues, EUA, McGraw-Hill, 1993

