

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL

JANAINA PATEL LAZARINI
JORDANA WESTPHAL DA COSTA
JÚLIO SPÉZZIA DE SOUZA
LUCAS GABRIEL ALVES
RÚBIA BATISTA VIANA
VALESKA FRANCENER DA LUZ
VINÍCIOS ROSA BUZZI

**ESTUDO SOBRE O POTENCIAL DA CORTIÇA REUTILIZADA NA ADSORÇÃO
DE CHUMBO E COBRE PRESENTES NO CHORUME**

JARAGUÁ DO SUL

2017/1

JANAINA PATEL LAZARINI
JORDANA WESTPHAL DA COSTA
JULIO SPEZIA
LUCAS GABRIEL ALVES
RÚBIA BATISTA VIANA
VALESKA FRANCENER DA LUZ
VINÍCIOS ROSA BUZZI

**ESTUDO SOBRE O POTENCIAL DA CORTIÇA REUTILIZADA NA ADSORÇÃO
DE CHUMBO E COBRE PRESENTES NO CHORUME**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo
formativo diversificado “Conectando os
Saberes” do Curso Técnico em Química
(Modalidade Integrado) do Instituto Federal
Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.
Orientador: Prof. Claudio Mendes Cascaes.
Coorientadora: Prof. Luciana Valgas de Souza.

JARAGUÁ DO SUL

2017/1

SUMÁRIO

1	TEMA	4
2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	4
3	PROBLEMA	4
4	HIPÓTESES	4
5	OBJETIVO GERAL	4
5.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
6	JUSTIFICATIVA	5
7	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
7.1	ATERRO SANITÁRIO	7
7.1.1	Chorume	8
7.1.2	Processo de Formação do Chorume	9
7.1.3	Características Físico-Químicas do Chorume	10
7.1.3.1.	Metais Pesados	12
7.1.4	Tratamento do Chorume.....	12
7.2	CORTIÇA.....	13
7.2.1	Aplicações da cortiça	13
7.2.2	Descarte e Reutilização da Cortiça	14
7.2.3	Composição da Cortiça	14
7.2.4	Propriedades da cortiça	16
7.3	ADSORÇÃO	17
8	METODOLOGIA	18
8.1	OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS	18
8.2	PREPARAÇÃO DA CORTIÇA.....	19
8.2.1	Pré-Teste.....	20
8.2.2	Produção do Filtro.....	20
8.3	CONFECÇÃO DAS CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA A ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA.....	21
8.4	PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE CHORUME	21
8.5	ANÁLISES NO ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA	21
8.6	TRATAMENTO DE REJEITOS.....	22
9	CRONOGRAMA	22
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 TEMA

Estudo sobre o potencial da cortiça reutilizada na adsorção de chumbo e cobre presentes no chorume.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Estudo do potencial adsorvente da cortiça, proveniente das rolhas de garrafas de vinho, para metais pesados presentes no chorume, como cobre e chumbo.

3 PROBLEMA

Com pesquisas recentes, já há confirmação de que o material cortiça é utilizada de forma eficaz na adsorção de certos compostos como óleos e pesticidas. A cortiça ainda pode ser útil, como material adsorvente, na remoção de metais como chumbo, níquel e zinco, que estão presentes em soluções aquosas (DIREITO, 2011). Portanto, a pesquisa será conduzida sobre a problemática: A cortiça é capaz de adsorver os metais pesados cobre e chumbo presentes no chorume com uma boa eficiência?

4 HIPÓTESES

Esta pesquisa será conduzida sobre as seguintes hipóteses:

- A cortiça irá adsorver os metais cobre e chumbo presentes no chorume;
- Um filtro de leito poroso empacotado com grânulos de cortiça apresentará boa eficiência na redução da concentração dos metais dispersos no chorume;
- Será possível reutilizar os filtros de leito poroso obtidos a partir dos grânulos de cortiça mais de uma vez até que se atinja a saturação dos grânulos.
- O filtro de cortiça será capaz de reduzir a concentração de metais pesados presentes no chorume até que os níveis fiquem dentro dos padrões de lançamento em corpos d'água conforme a Resolução CONAMA 430/2011 estabelece.

5 OBJETIVO GERAL

Averiguar a capacidade de adsorção da cortiça em relação aos metais pesados cobre e chumbo presentes no chorume.

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os metais cobre e chumbo presentes no chorume;
- Verificar a capacidade de adsorção da cortiça;
- Confeccionar um filtro de leito poroso empacotado com grânulos de cortiças obtidos a partir de rolhas de garrafas;
- Padronizar a granulometria dos grânulos de cortiça;
- Averiguar a diferença de concentração dos metais no chorume após a amostra ser submetida ao filtro de leito poroso;
- Verificar a eficiência do filtro de leito poroso produzido;

6 JUSTIFICATIVA

Até meados do século XX o lixo ainda era considerado um problema relacionado a higiene e só a partir dos anos 70 passou a ser visto pela sociedade como um problema ambiental (VELOSO, 2004). Segundo Celere (2007, p. 939) “Atualmente, uma das grandes preocupações ambientais está relacionada aos resíduos sólidos” principalmente quando relacionamos tal preocupação com a intensificação dos processos industriais.

A Abrelpe estima que no ano de 2015 foram coletados cerca de 72,5 milhões de toneladas de resíduos urbanos, mas a destinação desses não ocorre sempre da maneira correta, pois cerca de 3.326 municípios do Brasil destinam seus rejeitos sólidos para lixões a céu aberto, totalizando quase 30 milhões de toneladas. Essa destinação incorreta acarreta em diversos problemas ambientais, uma vez que o solo não é impermeabilizado, pois segundo Da Silva (2004), “a constante lixiviação do lixo pelas águas de chuva, assim como a sua decomposição resulta na formação de um líquido de cor acentuada e odor desagradável, de elevado potencial poluidor, comumente denominado chorume ou sumeiro”.

Com base nisso, o Congresso Nacional decretou o art. 47 na Lei nº12.305/2010 que torna ilegal a atividade exercida pelos lixões, pois é vedado o lançamento *in natura* (sem ser processado) e a queima a céu aberto, como destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos. Sendo assim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), impõe a

necessidade de substituir esses lixões a céu aberto por aterros sanitários como medida preventiva para a proteção ambiental.

Mesmo nos aterros sanitários ainda há a formação do chorume, que causa uma preocupação, intrinsecamente ligada à necessidade de impedir que tais líquidos contaminem rios, lagos e lençóis freáticos, podendo assim afetar a vida aquática (MUÑOZ, 2002). Dentre as características do chorume, que podem contribuir para essa contaminação está a bioacumulação de metais, que podem ocasionar a intoxicação de toda a cadeia alimentar, uma vez que esses podem ser absorvidos pelos vegetais e animais, como é o caso do mercúrio, chumbo e cádmio. Para Mucelin e Bellini (2008) os metais pesados podem contribuir para o desequilíbrio ambiental, sendo um dos principais danos o comprometimento da água subterrânea dos aterros e a biodiversidade.

Visto isso, o tratamento adequado e manutenção dos aterros torna-se necessário para evitar tais problemas ao meio ambiente, e para que isso não ocorra é necessário fazer a remoção dos metais - presentes nas águas - por meio de processos como a oxidação, precipitação, redução, filtração por membranas/osmose, troca iônica e adsorção (BORBA, 2006 apud SILVA, 2010). Portanto a pesquisa torna-se relevante uma vez que “O estudo dos metais pesados no chorume e em outras matrizes ambientais vem sendo considerado prioritário nos programas de promoção da saúde em escala mundial [...]” (CELERE, 2007, p.940).

Anualmente, cerca 201 mil toneladas de cortiça são extraídas e passam por processos industriais ao redor do mundo, sendo que Portugal assume a liderança desta produção, com 100 mil toneladas anuais. Sabe-se que a cortiça é utilizada por vários ramos da indústria, como componente de inúmeros produtos, porém, 72 % do material extraído, é utilizado na indústria vinícola, como rolhas vedantes. Apenas em Portugal, são produzidas 40 milhões de rolhas diariamente, nas 670 empresas do país (APCOR, 2016).

Apesar da cortiça ser ecológica e 100 % reciclável, na maioria dos países, inclusive no Brasil, não há um descarte correto para tal material, como redes de coleta e transformação. Sendo assim, as rolhas utilizadas como vedantes, geralmente são descartadas no lixo comum, tendo como destino final, aterros sanitários e lixões. Quando isso ocorre, a cortiça assume danos potenciais ao meio ambiente, pois a partir da sua decomposição ou incineração, são liberados gases como CO₂ e CH₄, absorvidos durante sua “vida útil”, pela interação química

dos reagentes (DIREITO, 2011).

A partir desses conhecimentos, tendo em vista dos riscos e problemas ambientais provenientes dos metais pesados presentes no chorume e do descarte inadequado das rolhas de cortiça, o presente trabalho tem o intuito de remover os metais cobre e chumbo do chorume, por meio da adsorção, utilizando rolhas de cortiça reutilizadas, como material adsorvente.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 ATERRO SANITÁRIO

Com a finalidade de estabelecer as diretrizes básicas para a disposição final do lixo, instituiu-se a Lei nº 12.305/2010, que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Aterros sanitários, são locais adequados para fazer a disposição final de rejeitos ou resíduos sólidos gerados pela atividade humana, ordenando esses a fim de cumprir as normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, tendo como objetivo minimizar os impactos ambientais causados por esses rejeitos (BRASIL, 2010).

A região norte do estado de Santa Catarina dispõe de seis aterros sanitários para suprir as necessidades da população. Os resíduos sólidos urbanos gerados pelo município de Jaraguá do Sul e região, conforme a Figura 1, são destinados ao aterro sanitário de Mafra, a qual é administrado pela empresa SELUMA (Serviço de Limpeza Urbana de Mafra Ltda.), responsável por gerenciar e operar o aterro sanitário na comunidade de Rio Branco. De acordo com a empresa responsável pelo grupo SELUMA, a Serrana Engenharia, o aterro recebe diariamente resíduos sólidos urbanos de 18 cidades do estado de Santa Catarina e Paraná e atua conforme as diretrizes da PNRS (ENGENHARIA, 2016).

DE ONDE SAI E PARA ONDE VAI



Figura 1: Aterros sanitários na região norte de Santa Catarina.

Fonte: Jornal eletrônico “A Notícia”, 2015¹

Para tratar dos rejeitos, o aterro municipal de Mafra, conta com uma série de procedimentos afim de fazer o descarte correto desses, conforme descrito na PNRS.

Um dos principais problemas encontrados nos aterros sanitários é a formação de um líquido percolado, resultante da lixiviação dos rejeitos urbanos, chamado de chorume. Quando não tratado adequadamente esse líquido acarreta em problemas ambientais, como a alta demanda biológica e química de oxigênio (DBO e DQO) e principalmente a bioacumulação de metais, que em altas concentrações podem - em casos extremos - causar distúrbios por vezes irreversíveis, problemas no sistema nervoso e lesões na pele (ROCHA, 2009).

7.1.1 Chorume

O chorume é um rejeito líquido, que apresenta coloração escura, odor forte e elevada demanda química de oxigênio, ele é derivado da degradação de resíduos sólidos, que se decompõem quimicamente e/ou microbiologicamente formando este líquido de coloração negra. A constituição química é de basicamente matéria orgânica e outros compostos, uma vez que sua composição é influenciada: pela forma de disposição dos resíduos sólidos, pelo tempo de acúmulo de tais resíduos e ainda por fatores climáticos, como chuva e temperatura. (MORAIS; SIRTORI; PERALTA-ZAMORA, 2005).

¹ Disponível em: <<http://anoticia.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2015/09/saiba-para-onde-vai-o-lixo-do-norte-de-santa-catarina-4841680.html>>

O chorume, também denominado de sumeiro, purina ou lixiviado, pode apresentar elevadas concentrações de sólidos suspensos na solução, metais pesados e compostos orgânicos (SEGATO; SILVA, 2000). Por apresentar essas substâncias que geralmente são solúveis em água, ou seja, são polares, o chorume pode contaminar as águas presentes no subsolo que estão nas proximidades do aterro. Desta forma, o chorume é prejudicial ao meio ambiente, pois apresenta em sua composição compostos altamente tóxicos (SERAFIM et al., 2003).

7.1.2 Processo de Formação do Chorume

Segundo Giordano, Barbosa e Carvalho (2011), o chorume é o produto resultante de processos físicos, químicos e biológicos, ou seja, a formação inicia-se a partir da solubilização dos resíduos sólidos, formando como subproduto ácidos orgânicos, que são derivados do processo de fermentação. Por sequência ocorre a lixiviação dos resíduos, que é um processo que extrai alguma substância presente em um sólido, a partir da dissolução deste sólido em uma solução líquida.

A formação do chorume inicia-se quando os resíduos sólidos são depositados em um aterro. A partir de então ocorre o processo de desidratação, ou seja, a perda de água, que inicia-se na parte superior dos resíduos e com término na parte inferior. A água resultante da desidratação percorre a área do aterro, iniciando o processo de formação do chorume.

Por sequência, ocorre o processo de decomposição anaeróbia, ou seja, a deterioração da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos. Esse processo é natural, uma vez que é conduzido por microrganismos, como bactérias. Essa decomposição, resulta na formação de biogases, com diferentes concentrações do gás metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), pois é realizada sem a presença de oxigênio.

Ainda segundo o Giordano, Barbosa e Carvalho (2011), no processo de decomposição anaeróbia é liberada certa quantidade de água, e esta por sua vez irá interagir com outros materiais resultantes, como os ácidos orgânicos dissolvidos, o ácido carbônico (H_2CO_3) e o hidróxido de amônio (NH_4OH). Essa interação irá iniciar o processo de lixiviação dos resíduos, resultando em um líquido lixiviado, que é enriquecido e alterado com outras substâncias como a água proveniente de chuvas e da decomposição anaeróbia.

As águas precipitadas, localizada sobre o aterro, percorre entre as massas de resíduos em decomposição. Devido às condições climáticas e o balanço hídrico², forma-se um fluxo de chorume. Caso houver um excesso de água precipitada, por exemplo em épocas de muita chuva, o chorume torna-se mais diluído, diferenciando as concentrações dos compostos poluentes (GIORDANO; BARBOSA FILHO; CARVALHO, 2011).

O processo de formação do chorume é contínuo, uma vez que vários fatores (tanto físicos, quanto químicos) influenciam nas características deste produto, acelerando ou retardando o processo.

7.1.3 Características Físico-Químicas do Chorume

As características físicas e químicas do chorume, são influenciadas por diversos fatores, como: a composição dos rejeitos, a sequência de disposições desses rejeitos, a umidade, a temperatura e ainda a idade do aterro em que o chorume está depositado (SEGATO; SILVA, 2000).

Segundo Giordano, Barbosa e Carvalho (2011), um fator característico do chorume é o potencial hidrogeniônico (pH) no qual indica: a idade do chorume e a acidez ou alcalinidade da solução, sendo essa uma das características que influenciam nos danos ambientais causados. Geralmente, uma amostra de chorume com pH próximo a 6,00 é considerado novo, ou seja, foi recém-formado. Já uma amostra de chorume que ficou exposta por um maior período de tempo e está na fase metanogênica³, irá possuir um pH próximo a 8,00 considerado então antigo.

A alcalinidade do chorume, será maior quando esse apresentar um elevado teor de matérias orgânicas, pois elas se transformam em dióxido de carbono (CO₂) e/ou bicarbonatos. Esse parâmetro é propício para poder controlar a digestão anaeróbica do chorume.

Dentre os compostos presentes no chorume, pode-se encontrar diversos metais, como cálcio (Ca) e potássio (K) devido a não reciclagem dos resíduos urbanos. Ainda, há presença de compostos amoniacais e íons. No Quadro 1, é possível observar íons presentes no chorume e suas possíveis origens.

² Balanço hídrico é o termo utilizado para representar uma certa quantidade de água em transição em um ambiente em determinado período de tempo.

³ Fase na qual os produtos se decompõem, devido a fermentação ácida e produzem gás metano e água.

Quadro 1: Íons presentes no chorume e suas possíveis origens.

ÍONS	ORIGEM
Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺	Material orgânico; entulhos de construção; cascas de ovos.
PO₄⁻³, NO₃⁻, CO₃⁻²	Material orgânico.
Cu²⁺, Fe²⁺, Sn²⁺	Material eletrônico; latas; tampas de garras.
Hg²⁺, Mg²⁺	Pilhas comuns e alcalinas; lâmpadas fluorescentes.
Ni²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺	Baterias recarregáveis.
Al³⁺	Latas descartáveis; utensílios domésticos; cosméticos; embalagens laminadas em geral.
C⁻, Br, Ag⁺	Tubos de PVC; negativos de filmes e raios-X.
As³⁺, Sb³⁺, Cr³⁺	Embalagens de tintas, vernizes e solventes orgânicos.

Fonte: Adaptado de SEGATO, SILVA, 2000

Como já mencionado anteriormente, o chorume possui uma variedade de matéria orgânica, como gorduras, açúcares, proteínas e outros compostos que são derivados da degradação dos resíduos. Devido a não reciclagem e separação dos rejeitos urbanos, há substâncias tóxicas, como: produtos de limpeza e pesticidas, tais substâncias acarretam no processo de degradação, pois ao se deteriorar formam uma mistura complexa e heterogênea tornando o processo mais dificultoso (GIORDANO; BARBOSA FILHO; CARVALHO, 2011).

O chorume possui também diversos compostos inorgânicos, em maioria sais de sódio, potássio e amônio, como: cloreto de sódio, bicarbonato de potássio e bicarbonato de amônio.

Devido a alternância na composição, o chorume pode apresentar uma variação nas concentrações de metais tóxicos, mais conhecidos como metais pesados, sendo que esses vêm recebendo destaque pelos programas de saúde, tanto nacionais, quanto em âmbito mundial, como a Organização Mundial da Saúde (OMS). O motivo deve-se a concentração: quando alta, os metais possuem a característica de bioacumulação no organismo, fazendo com que “todas as formas de vida possam ser afetadas direta ou indiretamente pela presença de metais pesados” (CELERE et al., 2007, p. 940).

Em relação às concentrações de amônia e amônio, essas variam conforme a biodegradação dos resíduos e a idade do chorume. O fato da amônia possuir um caráter tóxico, demanda um tratamento eficaz, pois em muitos aterros a concentração de amônia ultrapassa o limite de lançamento para os aquíferos (GIORDANO; BARBOSA FILHO; CARVALHO, 2011).

As características descritas são baseadas em aspectos gerais, as quais a maioria dos aterros apresentam, mas sabe-se que tanto a composição do chorume, quanto às características podem ser alteradas devido a composição dos resíduos sólidos.

7.1.3.1. Metais Pesados

Os resíduos sólidos urbanos (de origem industrial, doméstico e/ou hospitalar) podem poluir de forma direta ou indireta rios, lagos, solos e águas subterrâneas. Essa contaminação pode ocorrer de forma física, por meio do transporte de sedimentos, pela formação de bancos de lodos e/ou por mudanças nas colorações. Ainda pode ocorrer de forma química, na qual é caracterizada pela mudança na potabilidade das águas (CHAVES, 2008).

Um dos principais problemas encontrados nos aterros sanitários é a alta concentração de metais pesados, tanto no solo e nas vegetações como em recursos hídricos. Segundo Cavallet, Carvalho e Fortes Neto (2013), os metais pesados comuns nessas áreas são “arsênio (As), níquel (Ni), cobre (Cu), zinco (Zn), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), manganês (Mn) e cromo (Cr)”, sendo que esses são derivados de “diversos tipos de resíduos dispostos em aterros, como lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, latas, dentre muitos outros produtos com substâncias tóxicas presentes”.

Esses metais podem invadir a cadeia alimentar e induzir efeitos significativos na saúde humana, levando a morte (COELHO et al., 2014). Por exemplo, o chumbo, provoca neurotoxicidade, hipertensão arterial, carcinogenicidade, distúrbios renais e efeitos reprodutivos, como abortos e distúrbios renais. Outro exemplo é o cobre que em concentrações altas causa desordem no trato gastrointestinal e irritação nas mucosas (RUPPENTHAL, 2013).

Portanto, há a necessidade de verificar e remover o excesso desses metais dos aterros sanitários, uma vez que é altamente prejudicial aos seres vivos e ao ecossistema.

7.1.4 Tratamento do Chorume

Os procedimentos realizados para o tratamento do lixiviado dos aterros sanitários são os tratamentos primários, secundários e terciários. Nessas três etapas, visa-se fazer a eliminação de rejeitos sólidos, cargas poluidoras, e metais pesados.

O tratamento inicialmente consiste em passar o lixiviado por uma série de grades, afim de reter os sólidos de volumes maiores; logo após, o chorume passa por uma caixa de areia onde ocorre a separação de sólidos finos, que não foram retidos na etapa anterior. Após a filtração é necessário fazer a decomposição da matéria orgânica, por isso o lixiviado é levado para as lagoas aeradas com níveis adequados de oxigênio, sendo em torno de 60 %. No fim do tratamento são formados pequenos flocos que podem ser facilmente separados por meio das lagoas de decantação, formando uma camada de lodo no fundo.

Contudo, esse tratamento não é o suficiente para fazer a remoção dos metais pesados. Para a remoção dos metais pesados pode realizar-se processos como a oxidação, precipitação, redução, filtração por membranas/osmose, troca iônica e adsorção (BORBA, 2006 apud SILVA, 2010). Silva (2010) diz que a adsorção por meio do carvão ativado é um dos métodos mais empregados na remoção de metais pesados de águas residuárias no mundo, uma vez que possui alta eficiência na remoção desses. Uma alternativa além do carvão ativado é o uso da cortiça como material adsorvente.

7.2 CORTIÇA

A cortiça é um material de origem vegetal extraída da árvore do Sobreiro (*Quercus suber L*), um tipo de carvalho, naturalmente predominante na região do mediterrâneo, principalmente em Portugal e na Espanha. Pertence ao gênero *Quercus*, da família das fagáceas, e tanto o seu nome usual quanto sua espécie fazem alusão ao seu revestimento natural, que é constituído principalmente pelo composto químico chamado Suberina. É este seu invólucro que é o material renovável e comercializado mundialmente (GIL, s/d. p. 665).

7.2.1 Aplicações da cortiça

Sabe-se que a principal utilização da cortiça, é na fabricação de rolhas para a vedação de garrafas de bebidas como o vinho e espumantes. Com o surgimento de outros vedantes a partir de novos materiais, como plástico e metal, as indústrias corticeiras vêm buscando alternativas, para se adequar aos modelos requeridos pelo mercado, e ao mesmo tempo, reduzir os custos da comercialização da rolha de cortiça maciça (ADEGA, 2016).

Suas novas aplicações estão surgindo nos setores automotivos e de construção, sendo utilizada como revestimento, pisos, pavimentos, apresentando desempenho similar ao da madeira, isoladores térmicos e sonoros, como também em amortecedores de bicicletas. Sendo

encontrada também na composição de substâncias farmacêuticas, em acessórios de moda e decoração, como agente aglomerante e de limpeza (AMORIM CORK, 2014).

Na indústria química a cortiça é geralmente utilizada como carvão ativado passando pelo processo de carbonização, sendo transformada em um material com características específicas e propícias para o desenvolvimento de processos como separação e purificação de líquidos e gases, tendo alto desempenho devido a sua estrutura porosa e simultaneamente das suas características químicas (MOURÃO, s/d, p. 02).

7.2.2 Descarte e Reutilização da Cortiça

É definido por lei que os produtos de cortiça utilizados como vedante de garrafas de bebidas (rolhas), não podem ser utilizados novamente para o mesmo fim. Sendo assim, as rolhas de cortiça não possuem mais utilidade para o consumidor, e por ser um material 100% natural, geralmente são descartadas nos lixos orgânicos, ou não recicláveis. Porém, este modo de descarte não é o mais apropriado para a cortiça, pois com a sua degradação ou incineração, todo o CO₂ que fora absorvido pelo material durante sua vida útil, retorna a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global (PERLIM, et al. 2013, p. 49).

No Brasil não existem programas que coletam este material e dão origem a novos produtos a partir da sua reciclagem. Entretanto, alguns artesãos utilizam as rolhas de cortiça para confeccionar seus produtos, porém, uma pequena quantidade de cortiça é destinada a esse fim, e não é descartada no meio ambiente.

Existem algumas instituições ao redor do mundo, principalmente na Europa, que recolhem estas rolhas e as reciclam. Nestes locais, as rolhas passam pelo processo de limpeza e seleção, onde há a verificação da qualidade da rolha e descarte de possíveis contaminantes, como plásticos e lacres. Depois das etapas iniciais a maioria destas empresas de reciclagem, trituram as rolhas, fazendo com que se tornem grânulos, que são compactados, tornando-se aglomerados, que têm os mesmos destinos dos aglomerados não reciclados, como pavimentos e revestimentos (AMORIM CORK, s/d).

7.2.3 Composição da Cortiça

Os compostos presentes na cortiça são divididos entre duas classes: os estruturais e os não-estruturais, que apresentam várias características diferentes e compõem partes variadas da cortiça, visto que essa tem uma estrutura constituída de:

“Células mortas, em camadas sucessivas (com valores médios entre 40 e 100 milhões por cm^3), cujas membranas sofrem suberificação — deposição em camadas de compostos que lhe conferem impermeabilização — e que contêm no seu interior uma mistura gasosa rica em azoto.” (GIL, 1993, p. 20)

Dentre os compostos que se encontram na classe dos estruturais estão a lignina (Figura 2) - compondo 27 % da cortiça- a suberina (Figura 3) - com 45 % - e os polissacarídeos - com 12 % da composição. Estes valores podem apresentar variações de acordo com a idade, clima e tipo de solo em que a árvore foi plantada, bem como a espécie da árvore em que a cortiça foi extraída e as diferentes análises que podem ser realizadas (GIL, 1993).

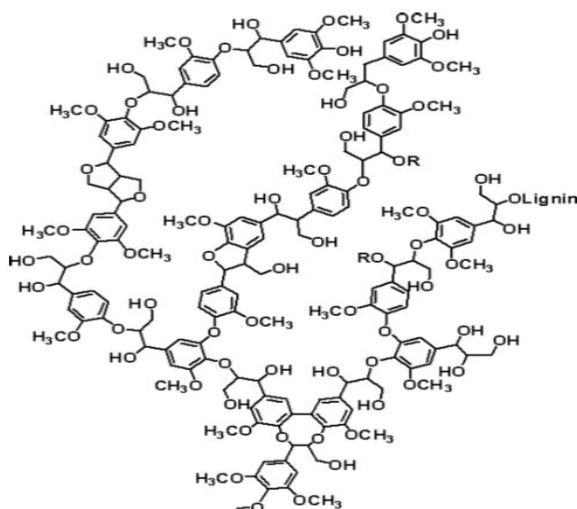


Figura 2: Estrutura química da lignina.
Fonte: KLOCK, s/d.⁴

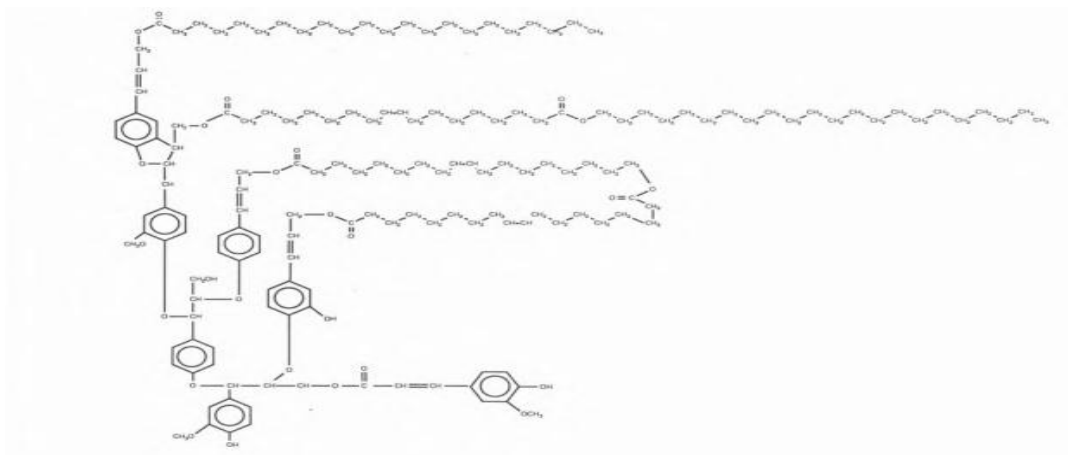


Figura 3: Estrutura da suberina
Fonte: Gil, Luís Manuel C. C, 1993⁵.

⁴ Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/lignina20132.pdf>>. Acesso: 13 maio 2017.

⁵ Disponível em: <<http://www.spq.pt/magazines/BSPQ/574/article/3000586/pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2017.

A suberina é considerada um polímero integrado por monômeros aromáticos e alifáticos, sua constituição é formada por ácidos graxos, que possuem funções carboxílicas esterificadas com resíduos fenólicos (GIL, 1995).

A lignina ou lenhina por sua vez é uma substância amorfa encontrada nas madeiras, é uma macromolécula constituída por um complexo de anéis aromáticos ligados a compostos de fenil-propano (estrutura básica) (KLOCK, s/d).

Os polissacarídeos presentes na cortiça apresentam-se em duas formas de polímeros: a celulose e a hemicelulose. Esses compostos quando associados a lignina originam a estrutura de suporte das paredes da célula da cortiça.

O restante da composição da cortiça é formado pelos compostos não-estruturais: ceróides, taninos e compostos inorgânicos.

7.2.4 Propriedades da cortiça

A cortiça é um material com propriedades bem características que influenciam na sua aplicação e lhe conferem uma singularidade (RIOS, 2011).

Suas células são fechadas, ocas, regulares, compactas e de paredes finas, elas estão dispostas de forma hexagonal, comparável a um favo de mel. Entre as células mortas não existem espaços e canais de comunicação, possuindo apenas canais lenticulares (VIEIRA, 2009).

Dada a impermeabilidade da cortiça em relação a líquidos em razão a sua morfologia e sua composição, está também apresenta imputrescibilidade⁶, pois tem elevada resistência a umidade e, por conseguinte, a oxidação promovida por ela (APCOR, 2016).

Sendo suas células fechadas e com presença de nitrogênio, fazem com que sua densidade seja baixa garantindo fluatuabilidade e leveza ao material. Além da baixa densidade, a mistura gasosa presente nas células de cortiça fazem com que esta seja elástica e compressível, podendo ser comprimida até metade da sua largura e voltar a sua forma original após a descompressão.

⁶ Capacidade de não apodrecer.

Por fim, devido à grande área superficial da cortiça, essa faz à adsorção de odores e sabores, já havendo estudos sobre a adsorção da cortiça em relação a compostos orgânicos, como pesticidas (DOMINGUES, 2005).

7.3 ADSORÇÃO

A adsorção é um fenômeno de superfície que ocorre com diversos tipos de interface (área de interação), tais como sólido-gás, sólido-líquido, líquido-líquido e/ou líquido-gás. Este fenômeno é físico ou químico no qual ocorre uma combinação seletiva entre a superfície porosa interna do adsorvente com o soluto, assim ocasionado uma acumulação de componentes em uma interface (ADSORÇÃO, [20--?], slide 1).

O carvão ativado - um dos primeiros adsorventes a ser utilizado - permanece até os dias atuais como um dos três adsorventes mais empregados comercialmente, esse é tão cabível a ser um adsorvente devido suas propriedades, a mais importante dentre elas é o tamanho de seus poros e a área da superfície específica, podendo ultrapassar valores de 1000 m²/g, mas vale ressaltar que outros compostos também podem atuar eficazmente como um adsorvente (GUELFÍ, 2007).

Segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC (1982 apud adsorção...[20--]), os poros são classificados em função do diâmetro, e são divididos em macroporos, mesoporos e microporos (secundários ou primários) e como dito por Guelfí (2007) um bom adsorvente deve ter “uma área específica alta, [...]” pois “como o adsorvato (substância adsorvida) concentra-se na superfície do adsorvente, quanto maior for essa superfície maior será a eficiência da adsorção”.

Na adsorção as interações envolvidas podem variar, sendo uma adsorção física, química ou até mesmo as duas no mesmo processo. A adsorção física ou fisissorção é causada por forças de Van der Waals com ligações do tipo intermoleculares. As moléculas se “ligam” fisicamente a superfície do adsorvente atingindo um equilíbrio rapidamente, porém, fraco e em sua maioria não necessita de altas temperaturas sendo um processo exotérmico e reversível (ADSORÇÃO, [20--]). Já a adsorção química ou quimissorção, corresponde a ligação de natureza covalente ou até mesmo iônica, alterando a estrutura eletrônica da molécula adsorvida. Este processo necessita de altas temperaturas, podendo ser endotérmica e irreversível (GUELFÍ, 2007).

O fenômeno da adsorção é empregado na separação de compostos e normalmente esse ocorre em um processo de filtração. O filtro mais simples - dentre os diferentes tipos - é o filtro de leito poroso, sendo esse comumente utilizado no tratamento da água potável. Esse é montado da seguinte forma: a parte inferior do filtro é composta por sólidos de uma maior granulometria, já na parte superior, são utilizados sólidos com uma menor granulometria, na qual é a parte que atua como filtrante (PEREIRA, s/d). A adsorção nesse filtro funciona da seguinte forma: o efluente⁷ passa pelo material filtrante em fluxo ascendente ou descendente e os compostos ficam adsorvidos nesse material, sendo que o restante sai como o efluente tratado.

8 METODOLOGIA

Nesta pesquisa serão analisadas as concentrações dos metais cobre e chumbo, por meio da técnica de espectrometria de absorção atômica. Tais metais presentes em uma solução de chorume serão retirados do meio por adsorção, utilizando como adsorvente um filtro de leito poroso constituído com grânulos de cortiça (provenientes de rolhas de garrafas de vinhos). Após a adsorção dos metais, será analisado novamente as concentrações desses, para averiguar se ocorreu a adsorção e o quanto foi adsorvido. Esse processo pode ser melhor exemplificado na Figura 4.

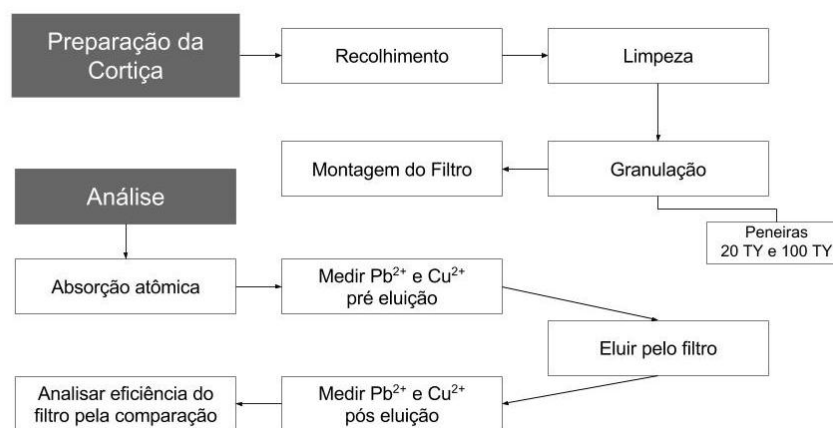


Figura 4: Fluxograma de execução da metodologia.
Fonte: Autoria própria.

8.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

Para que as análises possam ser realizadas, foi escolhido o chorume de resíduo urbano, que será obtido do Aterro Sanitário de Mafra, SC.

⁷ Líquido com os compostos a serem removidos.

A Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS), é um órgão regulador, responsável pelas análises referentes ao aterro sanitário. As análises realizadas devem estar de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, dentre esses parâmetros, encontram-se análises dos metais: alumínio, chumbo, cobre, mercúrio e zinco (ARIS, 2012).

Para a realização da pesquisa, foram escolhidos dois metais: o chumbo e o cobre pois estes apresentam uma maior toxicidade ao meio ambiente em relação aos outros metais das análises da ARIS, além de ser possível a análise destes metais de acordo com os materiais disponíveis em laboratório.

Após os metais cobre e chumbo serem definidos, o próximo passo é identificar a eficiência na remoção dos mesmos utilizando a adsorção. Primeiramente será realizada montagem do filtro e para isso a cortiça vai passar por um processo de preparação.

8.2 PREPARAÇÃO DA CORTIÇA

Até o presente momento, para a preparação da cortiça, as rolhas foram adquiridas em diversos pontos da cidade de Jaraguá do Sul.

A cortiça passará por uma limpeza com água destilada e será seca em estufa, a temperatura de 50°C, até observar-se a secagem por completo. Ainda, será retirada sua primeira camada, a qual é constituída por um tipo de verniz, com o propósito de não influenciar na adsorção.

Para padronização das dimensões das partículas da cortiça será empregado a técnica de separação granulométrica ou granulometria, que consiste no uso de peneiras com abertura de malha (aço inox) padronizada para separação dos grãos conforme seu tamanho. Essas apresentam diâmetros padrões internacionais, normalmente de 0,025 mm (malha 500 mesh ou 500 tyler)⁸ a 4,750 mm (malha 4 mesh ou 4 tyler).⁹ Para reduzir e padronizar os tamanhos da cortiça foram selecionadas duas peneiras com diâmetros diferentes, o menor de 0,15mm (100 tyler) e um maior de 0,85mm (20 tyler), assim finalizando a preparação da cortiça para sua posterior utilização no filtro de leito poroso.

⁸ Número padrão da malha para determinada abertura (mm) da peneira.

⁹ Dados disponíveis em:

<<http://www.abronzinox.com.br/images/produtos/PeneirasparaLaboratorio/TabelaPeneiras.pdf>>

8.2.1 Pré-Teste

Com o intuito de verificar se a cortiça adsorve os metais, será realizado um pré-teste, no qual: em um becker será adicionada uma certa quantidade de cortiça com o chorume, sendo que essa solução será mantida com agitações físicas e contínuas por um determinado tempo, para posteriormente verificar a quantidade inicial de cobre e chumbo em relação à final, podendo assim averiguar se houve ou não a adsorção. Ainda, será observado o tempo de adsorção, uma vez que este pode influenciar no processo de adsorção. Se houver a adsorção será produzido um filtro conforme a metodologia do tópico 8.2.3 com o intuito de melhorar a eficiência da adsorção.

8.2.2 Produção do Filtro

O filtro de leito poroso terá uma única variante, no caso, grânulos menores na parte superior e maiores na extremidade inferior, sendo os tamanhos respectivamente 0,15mm e 0,85mm. Para o empacotamento não será utilizado nenhum tipo de solvente, apenas agitação física e choques mecânicos para um melhor assentamento. O recipiente utilizado para fazer a adsorção será similar a um purificador de torneira e irá ser constituído de material transparente para visualização durante a experimentação.

Será feita a passagem do chorume (em fluxo descendente) pelo filtro, a fim de promover a adsorção dos metais, como pode ser observado na Figura 5.

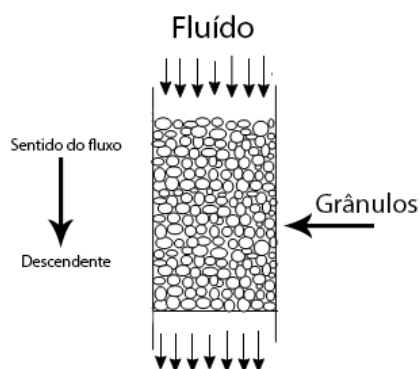


Figura 5: Esquema de filtro de leito poroso com grânulos de cortiça.
Fonte: adaptado de UEM, 2014.¹⁰

Ao fim da passagem do chorume pelo filtro de leito poroso será utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica para realizar as análises, a fim de determinar a capacidade e a saturação de adsorção da cortiça.

¹⁰ Disponível em: <<http://armariodaeq.blogspot.com.br/2014/10/escoamento.html>>.

8.3 CONFECÇÃO DAS CURVAS DE CALIBRAÇÃO PARA A ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

Para possibilitar a determinação das concentrações dos analitos na amostra do chorume, serão produzidas curvas de calibração para cada metal, a fim de se obter uma equação da reta que relacione concentração e absorbância.

Para preparar as soluções padrão externo será utilizado o acetato de chumbo ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$) e sulfato de cobre (CuSO_4), sais disponíveis no laboratório do campus.

As curvas de calibração serão produzidas utilizando soluções com concentrações conhecidas, na faixa de 0,1 mg/L a 1 mg/L, extrapolando dos valores da legislação, a fim de ser possível detectar faixas fora da permitida.

8.4 PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE CHORUME

Para medição da absorção dos metais presentes no chorume, será necessária uma diluição da amostra, pois uma concentração elevada geraria desvios na leitura. Além disso, uma matriz muito complexa também poderia afetar negativamente as leituras. Por conta disso, os compostos orgânicos presentes no chorume, que são possíveis fontes de erro, serão digeridos através de uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 5%, ácido nítrico a 5% e H_2O , comumente chamada de solução piranha. Além disso, será feita a diluição do chorume para realizar as análises.

8.5 ANÁLISES NO ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA

As amostras de chorume serão analisadas no espectrofotômetro de absorção atômica a fim de se quantificar as concentrações de cobre e chumbo presentes na solução, realizando as leituras em triplicatas.

Para seu funcionamento serão utilizadas as lâmpadas de cátodo oco de chumbo e de cobre, onde o aparelho determinará a quantidade de luz absorvida ao final da análise. Através da curva de calibração e da sua equação da reta serão então determinadas as concentrações dos metais na amostra de chorume inicial e após a adsorção pela cortiça. As concentrações, pré e pós adsorção, serão comparadas e assim verificando a porcentagem do metal retido pela cortiça, desta forma, pode-se obter a porcentagem de adsorção da cortiça em relação ao metal.

8.6 TRATAMENTO DE REJEITOS

Todos os resíduos orgânicos utilizados, seja solvente ou restos de chorume, serão devidamente rotulados e descartados, já os resíduos de soluções neutras de matéria orgânica não tóxica serão diluídos e descartados diretamente na pia. Soluções ácidas ou básicas não tóxicas serão neutralizadas, diluídas e por fim descartadas na pia. Já os resíduos orgânicos tóxicos devem passar por um tratamento mais adequado, portanto serão submetidos à tríplice lavagem e enviados a postos de coleta adequados.

As soluções contendo metal pesado serão armazenadas em bombonas, ou outro recipiente. Após precipitados na forma de hidróxido - por solução de cal ou hidróxido de sódio comercial - variando a quantidade de hidróxido ou de cal a ser adicionada, pois dependerá da faixa de pH indicada para precipitação de cada cátion, por exemplo, o cobre II (Cu^{2+}) apresenta um intervalo de pH indicado entre 7-14, já o chumbo II (Pb^{2+}) está entre 7-8 (FONSECA; MARCHI, 2009).

9 CRONOGRAMA

ATIVIDADES	ANO 2017				
	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Aprofundamento da revisão bibliográfica	X	X	X	X	X
Pré-Teste	X				
Preparação da Cortiça	X	X			
Confeção das Curvas De Calibração	X	X	X		
Análises		X	X	X	
Redação dos resultados	X	X	X	X	
Formulação da 1ª versão do Artigo Científico			X	X	
Formulação do Artigo Científico versão final			X	X	X
Apresentação Relatório					X

Fonte: Autoria própria.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. S/d: Abrelpe, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

ADEGA. São Paulo: Inner, 01 maio 2016. Disponível em: <http://revistaadega.uol.com.br/artigo/qual-a-rolha-ideal_306.html>. Acesso em: 11 jun. 2017.

ADSORÇÃO de solução. S/I: USP, [20--?]. 19 slides: color. Disponível em: <<http://www2.iq.usp.br/docente/hvlinner/adsorcaopdf>>. Acesso em: 11 mar. 2017.

ADSORÇÃO em carvão ativado e outros materiais. [20--]. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/10607/10607_4.PDF>. Acesso em: 12 abr. 2017.

AMORIM CORK. **A arte da Cortiça.** Julho de 2014. Porto, Portugal. Disponível em: <http://www.amorim.com/xms/files/Documentacao/Brochura_Arte_Cortica_PT_Small.pdf>. Acesso em 01 jun. 2017.

APCOR, Associação Portuguesa da Cortiça. **Rolhas de cortiça.** Santa Maria de Lamas. 2016. 7 p. Disponível em: <http://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2016/09/CORTIÇA-Rolhas-de-Cortiça_PT.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2017.

ARIS, Agência Reguladora Municipal de Saneamento. **Relatório de fiscalização do aterro sanitário do município de Mafra.** 2012. Disponível em: <[http://www.aris.sc.gov.br/download/c210ZV9tdW5pY2lwaW9zX2RvY3M7MjYxO3JlbGF0b3Jpb2Zpc2NhbGl6YWNhb2Fycy1tYWZyYS1maW5hbC5wZGY=](http://www.aris.sc.gov.br/download/c210ZV9tdW5pY2lwaW9zX2RvY3M7MjYxO3JlbGF0b3Jpb2Zpc2NhbGl6YWNhb2Fycy1tYWZyYS1maW5hbC5wZGY=.)>. Acesso em: 24 maio. 2017.

BORGES, Fernando Pereira; OLIVEIRA, Maria de Fátima Bastos de. **Remoção de taninos da cortiça.** 2005. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60663/1/000135922.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

BRASIL. Lei 12.305, de 02/08/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

CAVALLET, Luiz Ermindo; CARVALHO, Sebastião Garcia de; FORTES NETO, Paulo. **Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos.** Ambient. Água, Taubaté, v. 8, n. 3, p.230-238, dez. 2013. Disponível em: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36587715/Heavy.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1493155024&Signature=u+Iricz4hAVWnezJKDqXbz/IHSQ=&response-content-disposition=inline;filename=Heavy_metals_in_the_waste_and_in_the_wat.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

CELERE, Marina Smidt et al. **Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública.** Ribeirão Preto, p. 939-947, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23n4/20.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

CHAVES, Edson Valente. **Absorção de metais pesados de solos contaminados do aterro sanitário e pólo industrial de Manaus pelas espécies de plantas *Senna multijuga*, *Schizolobium amazonicum* e *Caesalpinia echinata*.** 2008. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008. Disponível em: <[http://www.tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3107/1/Tese Edson Valente.pdf](http://www.tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3107/1/Tese%20Edson%20Valente.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

COELHO, Gustavo Ferreira et al. **Uso de técnicas de adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em águas.** Journal Of Agronomic Sciences. Umuarama, p. 291-317. 2014. Disponível em: <<http://www.dca.uem.br/V3NE/21.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

DA SILVA, Rosângela Fátima Santiago et al. Gestão dos resíduos sólidos de serviços de saúde com responsabilidade social. **CEP**, v. 85, p. 180, 2004.

DIREITO, Daniel Gaspar. **A Indústria da Cortiça e o seu Potencial de Inovação**. Do Porto: Isep, 2011. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/2869/1/DM_DanielDireito_2011_MEQ.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2017.

DOMINGUES, Valentina Maria Fernandes. **Utilização de um produto natural (cortiça) com adsorvente de pesticidas piretróides em águas**. 2005. Disponível em: <[https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12811/2/Texto integral.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12811/2/Texto%20integral.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2017.

ENGENHARIA, Serrana. **Seluma Serviços**. 2016. Disponível em: <<http://serranaengenharia.com.br/novo/grupo-serrana/seluma/>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

FONSECA, Janaína Conrado Lyra da; MARCHI, Mary Rosa Rodrigues de. **Manual para gerenciamento de resíduos perigosos**. 2009. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <http://www.sorocaba.unesp.br/Home/CIPA/Manual_de_Residuos_Perigosos.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2017.

GIL, Luís Manuel C. C.. **A química da cortiça: ponto de situação**. 1993. Disponível em: <<http://www.spq.pt/magazines/BSPQ/574/article/3000586/pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

GIL, Luís Manuel C. C.. **A suberina da cortiça**. 1995. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/235767592_A_suberina_da_cortiça>. Acesso em: 13 abr. 2017.

GIORDANO, Gandhi; BARBOSA FILHO, Olavo; CARVALHO, Roberto José. **Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: Uerj, 2011. p. 178. Disponível em: <<http://www.coamb.eng.uerj.br/download/coamb-TA-Volume4.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

GUELFY, Luciano Robassa. **Estudo de Adsorção Para Purificação e Separação de Misturas na Indústria Petrolífera**. 2007. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/CapitalHumano/Arquivos/PRH24/Luciano-Guelfy_PRH24_UFPR_G.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2017.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008**. Rio de Janeiro, 2008.

KLOCK, Umberto. **Lignina**. Curitiba, s/d. 76 slides, color. Disponível em: <<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/quimicadamadeira/lignina20132.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

MORAIS, Josmaria Lopes de; SIRTORI, Carla; PERALTA-ZAMORA, Patricio G.. **Tratamento de Chorume de Aterro Sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional**. Química Nova, Curitiba, v. 29, p.20-23, 20 abr. 2005. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol29No1_20_04-AR04284.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. **Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano**. Sociedade & natureza, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

MUÑOZ, Susana Inés Segura. **Impacto Ambiental Na Área Do Aterro Sanitário E Incinerador De Resíduos Sólidos De Ribeirão Preto, SP: Avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PEREIRA, Félix Monteiro. **Filtração**. Lorena: USP, s/d. Color. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817066/318/FILT.pdf>>. Acesso em: 20 maio. 2017

PERLIN, Ana Paula. GUEDES, Gisele. NUNES, Manuel. FERREIRA, Paula. **Indicadores de sustentabilidade da indústria de cortiça portuguesa**. Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão, Julho/Setembro de 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rpbg/v12n3/v12n3a06.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

RIOS, Polliana D'angelo. **Estrutura anatômica e caracterização química da cortiça de árvores de Kilmeyera coricea mart. (pau-santo)**. 2011. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3006/1/TESE_Estrutura anatômica e caracterização química da cortiça de árvores de Kilmeyera coriacea Mart. \(pau-santo\).pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3006/1/TESE_Estrutura%20anat%C3%B4mica%20e%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20qu%C3%ADmica%20da%20corti%C3%A7a%20de%20%C3%A1rvores%20de%20Kilmeyera%20coriacea%20Mart.%20(pau-santo).pdf)>. Acesso em: 14 maio. 2017.

ROCHA, Adriano Ferreira da. **Cádmio, chumbo, mercúrio: a problemática destes metais pesados na Saúde Pública?**: monografia: Cadmium, lead, mercury: the issue of these metals in Public Health?. 2009.

RUPPENTHAL, Janis Elisa. **Toxicologia**. Santa Maria: E-tec Brasil, 2013. 128 p. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/toxicologia.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2017.

SEGATO, Luciana Maturana; SILVA, Celso Luiz da. **Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SERAFIM, Aline Camillo et al. Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamentos. 2000.

SERAFIM, Aline Camilo et al. **Chorume, Impactos Ambientais e Possibilidades de Tratamento**. III Fórum de Estudos Contábeis. Faculdades Integradas Claretianas, Rio Claro, SP, Brasil, 2003.

SILVA, Roberta Pereira da. **Remoção de metais pesados em efluentes sintéticos utilizando vermiculita como adsorvente**. 2010.

VIEIRA, Henrique Duarte. **Análise de Características da Cortiça Amadia Relevantes para a sua Qualidade Industrial**. 2009. Disponível em: <[https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1926/1/Análise de Características da Cortiça Amadia Relevantes para a sua Qualidade Industrial.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1926/1/An%C3%A1lise%20de%20Caracter%C3%ADsticas%20da%20Corti%C3%A7a%20Amadia%20Relevantes%20para%20a%20sua%20Qualidade%20Industrial.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2017.