UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

BRUNO DA SILVA AMORIM

Ensaios toxicológicos no resíduo gerado pelo coagulante natural extraído de *Opuntia cochenillifera* após o tratamento de águas de consumo

São Carlos
2017

BRUNO DA SILVA AMORIM

Ensaios Toxicológicos no resíduo gerado pelo coagulante natural extraído de *Opuntia cochenillifera* após o tratamento de águas de consumo

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Profª. Dra. Lyda P. Sabogal Paz

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2017

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

A524e

Amorim, Bruno da Silva
Ensaios toxicológicos no resíduo gerado pelo coagulante natural extraído de Opuntia Cochenillifera após o tratamento de águas de consumo / Bruno da Silva Amorim; orientador Lyda Patrícia Sabogal Paz. São Carlos, 2017.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

1. Toxicidade. 2. Tratamento de água. 3. Resíduos sólidos. 4. Comunidades isoladas. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Bruno da Silva Amorim**

Data da Defesa: 30/10/2017

Comissão Julgadora:	Resultado:
Lyda Patricia Sabogal Paz (Orientador(a))	Aprovado
Juliano José Corbi	APROVADO
Paulo Marcos Faria Maciel	Aprovado

Prof. Dr. Marcelo Zaiat
Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que necessitam caminhar quilômetros para conseguir pegar água minimamente limpa para o seu consumo diário.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais Ana Cristina Costa da Silva e Denilson Antônio Queiroz de Amorim, por sempre estarem ao meu lado em todos os momento da minha vida, até mesmo quando decidir me mudar para mais de 2000 Km de distância em busca de um sonho.

Agradeço a Universidade de São Paulo por ter me dado a oportunidade de está entre os melhores do país, e dessa forma, me motivar a sempre aceitar e superar os desafios impostos na minha vida.

Agradeço aos amigos feitos durante o período da graduação, que em muitos momentos estavam ao meu lado, compartilhando cada momento vivido na cidade de São Carlos, e me ajudaram bastante a minimizar a saudade de casa.

À Profª. Drª. Lyda Patrícia Sabogal, que acreditou em mim para tocar esse projeto, me dando a oportunidade de vivênciar um ambiente de pesquisa, ambiente este que me ajudou a tomar importantes decisões na minha carreira profissional.

Ao Prof. Dr. Juliano José Corbi, ao doutorando Paulo Marcos Faria Maciel, a mestranda Erika Higashi, a técnica do LATAR (Laboratório de Tratamento Avançado e Reuso de Águas) Maria Teresa Hoffman que contribuiram significativamente para a execução deste trabalho de pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisa concedida, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio pesquisa liberado para a execução do projeto (processo nº 2014/12712-8).

E, finalmente, eu agradeço a Deus por me proporcionar tantas coisa boas na minha vida, onde eu espero poder fazer a diferença para a sociedade.

RESUMO

AMORIM, B.S. Ensaios Toxicológicos no resíduo gerado pelo coagulante natural extraído de *Opuntia cochenillifera* após o tratamento de águas de consumo. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção título de Engenheiro Ambiental.

Existe um potencial de risco significativo quando se está exposto a resíduos sólidos oriundo de tratamento de água e esgoto. Atualmente no Brasil, uma grande parte da população não possui redes de distribuição convencionais que se interligam na malha urbana, necessitando-se então, recorrer a serviços alternativos para a obtenção de água potável para manter a sobrevivência. Porém, como em todo sistema de tratamento, resíduos são gerados ao decorrer do processo e precisam ter uma destinação adequada para evitar problemas futuros. Dessa forma, é imprescindível caracterizar a composição desses elementos, na tentativa de minimizar possíveis transtornos para os seres vivos e o meio ambiente. O presente trabalho visou analisar o potencial toxicológico no lodo gerado nos ensaios de tratabilidade da água por meio da utilização de um coagulante natural a base de extratos retirados do cacto *Opuntia Cochenillifera.* Utilizando as *Allonais inaequalis* como bioindicador, realizaram-se testes de exposição a um determinado meio de cultura para identificar possíveis características toxicológicas no lodo gerado. Foi possível perceber indícios de toxicidade no material de estudo em pH ácido. Portanto, mais pesquisas são necessárias visando avaliar a toxicidade do lodo em questão. De todo jeito, o coagulante mencionado pode ser utilizado para diversos fins, onde seja possível ter um ambiente controlado e preparado para trabalhar/destinar os resíduos gerados ao longo do seu processo de remoção de partículas indesejadas.

Palavras-chave: toxicidade; tratamento de água; resíduos sólidos, comunidades isoladas

ABSTRACT

AMORIM, B.S. Toxicological tests on the residue generated by the natural coagulant extracted from *Opuntia cochenillifera* after treatment of drinking water. Undergraduate thesis presented to the School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, as part of the requirements to obtain the title of Environmental Engineer.

There is a significant risk potential when exposed to solid waste from water and sewage treatment. Currently in Brazil, a large part of the population does not have conventional distribution networks that are interconnected in the urban network, necessitating then to resort to alternative services to obtain potable water to maintain survival. However, as in any treatment system, waste is generated in the course of the process and must be properly disposed to avoid future problems. Thus, it is imperative to characterize the composition of these elements, in an attempt to minimize possible disorders for living beings and the environment. The present work aims to analyze the toxicological potential in the sludge generated in the tests of water treatability through the use of a natural coagulant based on extracts extracted from Opuntia Cochenillifera cactus. Using *Allonais inaequalis* as bioindicator, exposure tests were carried out to a specific culture medium to identify possible toxicological characteristics in the sludge generated. It was possible to detect evidence of toxicity in the study material at acidic pH. Therefore, further research is needed to evaluate the toxicity of the sludge in question. However, the aforementioned coagulant can be used for several purposes, where it is possible to have a controlled environment and prepared to work/destine the waste generated during its process of removing unwanted particles.

Keywords: toxicity; water treatment; solid waste, isolated communities

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Equipamento Jarteste 14

Figura 2 – *Opuntia cochenillifera* sem flores e espinhos 15

Figura 3 – Recipiente para armazenamento do lodo 15

Figura 4 – Visualização dos potes plásticos de controle e lodo 17

Figura 5 – Solução Tetramin 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros utilizados nos ensaios de tratabilidade 14

Tabela 2 – Parâmetros dos ensaios de toxicidade realizados 18

Tabela 3 – Características da água de estudo utilizada no processo de tratamento 19

Tabela 4 – Caracterização de sólidos da solução coagulante 19

Tabela 5 – Caracterização de metais da solução coagulante 20

Tabela 6 – Resultados obtidos após a finalização do teste agudo 21

Tabela 7 – Resultados obtidos após a finalização do teste crônico 22

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

LD – Limite de Detecção

ETA – Estação de Tratamento de Água

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAC – Solução Alternativa Coletiva

SAI – Solução Alternativa Individual

SISAR – Sistema de Integração do Saneamento Rural

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
ºC	Graus Celsius
g	Gramas
L	Litros
mL	Mililitro
min	Minutos
%	Porcentagem
R$	Real
s	Segundos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA 1

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3

2.1 Abastecimento de água em comunidades isoladas 3

2.2 Técnicas de tratamento de água para comunidades isoladas 5

2.3 Resíduos Sólidos 7

2.4 Ensaios Toxicológicos 9

2.5 Organismos-Testes 11

2.5.1 *Allonais inaequalis* 11

3 OBJETIVOS 13

3.1 Objetivo Geral 13

3.2 Objetivos Específicos 13

4 METODOLOGIA 14

4.1 Coleta e armazenamento do resíduo sólido 14

4.2 Preparo da solução do resíduos sólido e do meio de cultura microbiano 16

4.3 Ensaio Toxicológico com o organismo-teste *Allonais inaequalis* 17

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 19

5.1 Caracterização do resíduo sólido 19

5.2 Ensaios Toxicológicos 20

5.2.1 Teste de toxicidade aguda 21

5.2.2 Teste de toxicidade crônica 22

6 CONCLUSÃO 24

7 REFERÊNCIAS 26

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil está intimamente ligada ao gerenciamento e equacionamento do problema que as comunidades isoladas enfrentam em nosso país. Entendem-se como comunidades isoladas, os núcleos habitacionais onde a interligação com os sistemas comuns de água e esgoto presentes nas zonas urbanas é de difícil projeção (técnica ou financeira) em curto e médio prazo (HOSOI, 2011).

Devido a essa dificuldade de acesso, as comunidades isoladas necessitam de alternativas para suprir a falta de fornecimento de água e outros serviços, mas acabam esbarrando em desafios como: alto custo das obras de infraestrutura tradicionais; dificuldade de deslocamento de recursos humanos e materiais para as áreas mencionadas; interesse dos órgãos competentes no incentivo para o desenvolvimento de pesquisas focadas em encontrar tecnologias que se adaptem à realidade local (BOGNI, 2016).

Contudo, é direito de toda a população ter acesso às condições básicas de sobrevivência, entre elas acesso à água potável para consumo, que há milênios é reconhecida como sendo uma substância essencial para a manutenção da vida humana, vegetal e animal (WOLKMER e PIMMEL, 2013).

Existe um intrigante paradoxo da escassez desse recurso natural, uma vez que 75% da superfície terrestre estão compostos por água, porém devido à má distribuição geográfica e à impossibilidade de utilizá-la sem um tratamento prévio, para alguns usos, dificulta o acesso a esse recurso tão importante (OLIVIO E ISHIKI, 2014).

Um estudo publicado pelo IBGE no ano de 2010, revelou que 1/3 das comunidades com até 5000 habitantes não possuem os serviços essenciais para sobrevivência. Isso acaba contribuindo para a necessidade do uso constante do sistema público de saúde, que não consegue suportar a grande demanda por atendimentos nos país. Isso poderia ser minimizado com investimentos mais assertivos em saneamento básico, uma vez que a cada R$ 1,00 investido, R$ 4,00 são economizados no sistema de saúde (BARROS, 2013).

Com todo esse contexto, alternativas para minimizar essas questões precisam ser estudadas, como por exemplo o tratamento por sedimentação com coagulante natural. Porém como todo sistema de tratamento, mesmo os não convencionais, é necessário, também, caracterizar os resíduos sólidos que são gerados ao final do tratamento. Visto que, a toxicidade desses materiais podem causar uma série de outros problemas para a saúde humana.

Nesse contexto, o presente trabalho visa quantificar o grau de toxicidade que os resíduos sólidos gerados a partir do tratamento de água não convencional possuem. Dessa forma, será possível analisar os cuidados necessários que a manipulação desse tipo de sólido exigirá por parte das pessoas responsáveis pela execução das técnicas de tratamento. O sistema de tratamento aqui pré-analisado foi com base na utilização de um coagulante natural, e a partir dai seguiu-se os processos de floculação e decantação bastante utilizados por sistemas de tratabilidade em geral.

O uso do coagulante natural visa ser um alternativa menos agressiva, em termos tóxicos, ao meio ambiente, uma vez que possui uma concentração muito menor de metais, quando comparado a coagulantes químicos. Contudo, uma caracterização adequada deve ser realizada a fins de garantir um maior detalhamento sobre sua composição.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Abastecimento de água em comunidades isoladas

Desde o período em que as primeiras formações de grupamentos humanos começaram a se estabelecer de maneira fixa em um local, o homem possuia a percepção de que seria necessário afastar os dejetos humanos e evitar o seu contato com a água potável. Dessa forma, seria possível minimizar a proliferação e difusão de doenças, e estabelecer um bem-estar da saúde pública (PEREIRA, 2013).

Os anos passaram e o sistema de saneamento básico brasileiro ainda possui um grande desafio através do desenvolvimento de um modelo sustentável para que comunidades isoladas possam dispor de água de qualidade adequada para o consumo humano (HOSOI, 2011). Os maiores déficits tanto em cobertura, quanto em qualidade dos serviços ofertados em relação ao abastecimento de água potável, encontram-se nas comunidades de pequeno porte de áreas isoladas, principalmente nas regiões rurais (PEREIRA, 2013). Variações climáticas que acabam afetando a disponibilidade de água para a população, a poluição das fontes hídricas disponíveis, e a omissão do setor público em relação ao abastecimento adequado de água, afeta severamente as condições de sobrevivência das comunidades isoladas (ARSKY & SANTANA, 2012).

Sendo uma atividade monopolista do Estado, o saneamento básico deve ser proporcionado e ter sua infraestrutura garantida pelo mesmo, sendo que este pode delegar às empresas o direito de explorar esses serviços através do fornecimento de concessões de serviços públicos. Contudo, o Estado continua sendo o responsável máximo em garantir essa condição para a população (CARDOSO, 2010).

O saneamento básico possui uma relação muito próxima com a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento habitacional. Doenças como cólera, febre tifoide, hepatite e amebíase são exemplos dessa íntima ligação, sendo que se estima que aproximadamente 10 milhões de pessoas sejam portadoras de doenças adquiridas através do contato com águas contaminadas (HELLER, 1998).

Com esse cenário em jogo, teóricos e estudiosos do tema tem se mostrado preocupados com a busca por soluções que atendam as necessidades dessas comunidades, uma vez que essa não é uma questão apenas econômica, social e ambiental. Segundo eles é preciso ter uma conscientização no sentido de elaborar estratégias diferenciadas, que sejam capazes de respeitar a identidade natural e social do lugar, uma vez que cada local possui suas peculiaridades e nem

sempre uma mesma solução é capaz de sanar as necessidades de lugares distintos (HOSOI, 2011). É fundamental que exista uma leitura descentralizada sobre o problema, porém esses locais são tratados com caráter de exceção e não existe uma cultura de diversificação na proposição de alternativas distintas para esses cenários.

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo IBGE em 2008, 99,4% dos municípios brasileiros já possuem uma rede geral de distribuição de água. Esse número seria perfeito caso a pesquisa considerasse os municípios que possuem essa rede em toda a sua extensão territorial, atendendo assim a todos os habitantes que ali residem. Porém, já entra para essa estatística um município que possui parte do seu território mapeado com uma rede de distribuição de água, o que significa que não necessariamente todos as pessoas possuem a acesso a esse recurso essencial para a manutenção da vida humana.

O custo unitário de acesso ao abastecimento de água e coleta de esgoto é muito elevado para essas regiões. Existem muitos projetos que são executados nas comunidades isoladas a curto e médio prazo, porém que se encontram deteriorados ou abandonados, pois na sua concepção original não foram inseridas as devidas estratégias e o compromisso de administração, operação e manutenção sustentáveis para o bom funcionamento da técnica empregada (PEREIRA, 2013).

A PNSB também apresentou números mais expressivos para refletir a real situação enfrentada pelo Brasil quando se diz respeito ao número de habitações que possuem o devido fornecimento de água potável. A região sudeste apresenta os melhores resultados com 87,5% das instalações prediais sendo alimentadas por redes de distribuição de água, porém a região norte possui uma realidade bem diferente com menos da metade de cobertura, sendo 45,3% (IBGE, 2010).

É preciso estabelecer diretrizes estratégicas no momento do planejamento dos projetos voltados para o saneamento básico, inclusive na proposição de soluções técnicas. Alguns aspectos devem ser levados em consideração no momento de definição da solução a ser implementada. Questões como as características regionais, da localidade, quantidade de pessoas atendidas, disponibilidade de recursos financeiros, disponibilidade de manancial apropriado são alguns pontos importantes a serem considerados na pré-execução de uma ação desse teor.

Apesar do longo caminho que precisa ser percorrido para atender de maneira eficaz a essa parte da população, já existem alguns programas no Brasil voltados para essas questões,

como pode ser exemplificado pelo Estado do Ceará com o modelo SISAR (Sistema de Integração do Saneamento Rural), que é capaz de atender mais de 615 comunidades isoladas, beneficiando mais de 350 mil habitantes do Estado (HOSOI, 2011).

2.2 Técnicas de tratamento de água para comunidades isoladas

De acordo com Brasil (2017) existem três formas de abastecimento de água, a primeira e mais convencional é o **Sistema de Abastecimento de Água** (SAA), que é composto por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação da água até a sua distribuição nas ligações prediais, caracterizada pelo fornecimento coletivo por meio de uma malha de distribuição interligada. O segundo tipo o SAC ou **Solução Alternativa Coletiva**, onde existe uma captação subterrânea ou superficial, não necessariamente com a presença de canalização e sem uma rede de distribuição estabelecida. A terceira e última é a **Solução Alternativa Individual** (SAI), que se caracteriza por disponibilizar água para o consumo humano em domicílios residenciais com uma única família.

Com a necessidade de existir opções que englobem o SAC e SAI, algumas técnicas são utilizadas na tentativa de remediar os problemas causados pela falta da ligação direta em uma rede de distribuição de água nas comunidades isoladas. De modo geral, 24% desses locais são atendidos por fossas sépticas e 40,7% por fossas rudimentares, também conhecidas por fossas negras. Essas se não forem construídas sob parâmetros específicos podem causar a contaminação do solo e lençóis freáticos (PEREIRA, 2013).

A Empraba vem desenvolvendo alguns estudos para disponibilizar novas tecnologias simples, porém eficientes no tratamento da água. O objetivo inicial é fornecer técnicas que solucionem o problema da falta da água potável nesses locais, e ao mesmo tempo sejam de baixo custo e capazes de harmonizar o meio ambiente com o sistema de tratamento. Algumas das técnicas apresentadas são: **Fossa Séptica Biodigestor**, que é capaz de evitar a contaminação do solo, possui um baixo custo de implementação – em torno de R$ 1.500,00 – e produz um efluente orgânico que pode ser utilizado em plantas perenes; existe também o **Clorador Embrapa**, um sistema que visa facilitar a coloração da água e possui custo de materiais por volta de R$ 50,00; outra técnica estudada pela Emprapa é a **Unidade Sanitária Individual I e II**, que podem ser adaptadas para solos com diferentes tipos de permeabilidade e proximidade do lençol freático; o **Jardim Filtrante** é um excelente auxiliar das fossas sépticas biodigestor, uma vez que possui ótimos resultados no tratamento da “água cinza” (pia, chuveiro, tanque,

etc.), e além disso caracteriza-se por apresentar um bem estar visual nos locais onde são implementados (SILVA, 2013).

Um estudo feito por Michelan *et al* (2013) no município de Ituporanga (SC) revelou que a utilização de um sistema de filtração em margem seguida de filtração lenta retrolavável é uma boa opção a ser utilizada em regiões na beira de rios, que não possuam um grau de deterioração muito avançado. Parâmetros como turbidez final, remoção de coliformes totais, remoção de sólidos totais dissolvidos foram bem avaliados ao longo do estudo.

Apesar da Portaria GM/MS nº 2.914/11 MS: Lei nº 8.080/1900 estabelecer em seu artigo 2º que *"A saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício"*, este não provem as condições mínimas para cumprir em sua totalidade esta determinação. Dessa forma, projetos como o **Saúde e Alegria** precisam continuar existindo para minimizar os efeitos da não distribuição de água potável em todo o território nacional. Projetos com esses além de levar alternativas de fornecimento de água limpa para comunidades, auxiliam os mesmos na gestão desse recurso após os integrantes do projeto finalizarem suas ações. Algumas das soluções apresentadas são: formação de **poços artesianos e semi-artesianos** para captação de água e posteriormente a utilização de cloro para desinfecção; construção de **filtros de barro** nas casas dos moradores para reter as impurezas da água captada; entre outras práticas utilizadas por esses grupos (PROJETO SAÚDE E ALEGRIA, 2017).

Outra opção para captação de água com a finalidade de consumo é através da coleta e armazenamento da água da chuva. Porém, esta pode conter impurezas prejudiciais a saúde humana, sendo necessário um tratamento prévio para minimizar os riscos de contaminação. Processos simples de floculação, mistura e decantação podem ser realizados para melhorar as características apresentadas pela água. Um catalisar pode ser usado nessas etapas para facilitar a aglomeração das impurezas e sua posterior remoção. Este é chamado de coagulante e pode ter origens químicas ou naturais.

No presente trabalho, será analisado o grau de toxicidade dos resíduos gerados através do tratamento da água com um coagulante natural.

2.3 Resíduos Sólidos

Há décadas, existe uma preocupação com os resíduos em geral, e desde então grupos de discussões vem se formando em esferas nacionais e internacionais, devido ao aumento da consciência coletiva com relação ao convívio de maneira harmônica com o meio ambiente. Dessa forma, com o aumento das demandas ambientais e da sua complexa inter-relação com a sociedade e as questões econômicas é necessário um posicionamento firme dos três níveis de governo, da sociedade civil e da iniciativa privada (MMA, 2017).

Conforme a NBR nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos sólidos são:

> "resíduos nos estados sólido ou semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível".

De acordo com a resolução nº 5, de 5 de agosto de 1993 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a classificação dos resíduos sólidos segue a seguinte lógica:

- GRUPO A: resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente, devido a presença de agentes biológicos. Ex.: hemoderivados, animais usados em experimentos, restos alimentares de unidades de isolamento, resíduos de laboratório de análises clínicas;
- GRUPO B: resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente, devido às suas características químicas. Ex.: drogas quimioterápicas, resíduos farmacêuticos;
- GRUPO C: resíduos radioativos. Ex.: materiais radioativos ou contaminados com radionuclídeos provenientes de análises clínicas;
- GRUPO D: resíduos comuns, todos os demais que não se enquadram nos grupos específicos descritos anteriormente.

À medida que a conscientização em relação a preservação do meio ambiente vai se propagando entre grande parte da população mundial, como forma de assegurar a continuidade

de existência da própria humanidade, cresce também a certeza que não serão somente as ações de grande porte que irão garantir essa preservação (PAIVA; PARREIRA, 2012).

Uma dinâmica de tratamento e destinação final diferente para cada um dos resíduos classificados anteriormente deve ser planejada e estruturada para que o convívio com o meio seja proveitoso. Em especial, com resíduos oriundo de tratamento água, temática principal deste trabalho, não importa se seja em uma estação de tratamento de água (ETA) totalmente estruturada, ou se seja em uma alternativa simples de tratamento desse recurso, sempre ocorrerá a geração de resíduos sólidos ao longo do processo. Dessa forma, é muito importante determinar ações para o seu tratamento, destinação, e até mesmo o reuso para determinadas atividades.

O lodo gerado durante o processo de tratamento nas ETAs é proveniente de decantadores ou flotadores, além da água de lavagem dos filtros e rejeitos de limpeza dos tanques de preparo de suspensões de produtos químicos. Em geral, o lodo é composto por impurezas da água bruta, extratos do coagulante, alcalinizantes e polímeros empregados na etapa de desaguamento (JANUÁRIO, 2005).

São muitas variáveis distintas em um único material, sendo que em cada processo de tratamento o mesmo possui características peculiares. Dessa forma, é imprescindível caracterizar esse tipo de material para ter conhecimento sobre todos os aspectos necessários para controlar os possíveis impactos que esse tipo de resíduo pode causar (GERVASONI, 2014).

Ainda existem más práticas nesse setor, onde esse tipo de resíduo é lançado em rios e córregos, comprometendo todo o ecossistema aquático da região, devido a possível presença de metais pesados e teor elevado de sólidos. Porém, com o aumento da preocupação ambiental os efluentes oriundos das empresas do setor de saneamento passaram a ser objetos de estudos com o objetivo de minimizar os impactos gerados por essas práticas indevidas (DI BERNARDO et al., 2002).

A incessante busca por soluções na área de resíduos corrobora a demanda da sociedade por uma relação mais adequada com o meio em que estão inseridos. Se manejados de maneira correta, os resíduos acabam adquirindo valor comercial e podem ser utilizados como novas matérias-primas ou novos insumos para diversos setores, em especial na agricultura (MMA, 2017). Mas existem outras aplicações para esse tipo de resíduo, como incorporação em tijolos,

concreto, selagem em aterros sanitários, recuperação de solo de áreas degradadas, entre outras coisas (HOPPEN et al., 2005).

2.4 Ensaios Toxicológicos

A toxicologia é uma ciência que estuda os efeitos adversos de uma determinada substância sobre os organismos vivos e sistemas biológicos, com o intuito de avaliar a probabilidade que o material tem de provocar algum dano (MOURA et al., 2012). Nos mais diversos testes, organismos acabam sendo expostos a diferentes concentrações de amostra e os efeitos tóxicos manifestados são observados e quantificados (HIGASHI, 2016).

O estudo da toxicologia ambiental parte do princípio que a sobrevivência humana depende do bem estar de outras espécies e da disponibilidade de ar puro, água e comida. Além disso, presumisse que substâncias químicas antropogênicas, bem como as que ocorrem naturalmente no ambiente podem causar efeitos catastróficos nos organismos vivos e nos processos ecológicos. Dessa forma, os ensaios toxicológicos preocupam-se com as interações entre os agentes tóxicos ambientais e os seres vivos, e como essa interação irá influenciar a saúde e o bem estar destes organismos (Yu, 2005).

Os resultados gerados por esses estudos são capazes de se tornar fontes de grande conhecimento para o setor toxicológico. Dessa forma, eles são capazes de subsidiar a formulação segura de dispositivos legais, normas, programas, e diretrizes gerenciais para enfrentar situações de risco ecotoxicológico – potencial ou real – determinado pelas interações de algum tipo de agente contaminante com o meio ambiente e os organismos vivos (FERNICOLA et al., 2003).

Baseando seus estudos nas modificações dos ecossistemas quando sofrem perturbações agudas ou crônicas, a ecotoxicologia utiliza conceitos pré-estabelecidos da ecologia para avaliar os prováveis efeitos dos contaminantes avaliados (ALMEIDA, 2007). Contudo, existe uma complexidade muito grande no contexto da toxicidade ambiental com várias referências e interligações sendo necessárias para se entender o real cenário estudado, para que assim, obtenha-se resultados conclusivos e mais explicativos. A partir disso, a toxicidade ambiental caracteriza-se por ser uma ciência multidisciplinar que engloba diversas áreas de estudo, como a biologia, química, anatomia genética, fisiologia, ecologia, estudo de solo, estatística, entre outras áreas (Yu, 2005).

Através dessas interligações entre diversas áreas, a análise toxicológica tem por finalidade saber se, e em qual grandeza, as substâncias em estudo são nocivas para o meio. Concomitante a isso, preocupa-se em mapear como e onde seus efeitos se manifestam. Com esse cenário mapeado, pode-se entender mais afundo sobre os efeitos agudos e crônicos produzidos pelas substâncias químicas (KNIE & LOPES, 2004).

Nesse sentido, Matias (2001) indica que os testes agudos são os primeiros a serem realizados quando não há uma noção clara sobre a substância a ser estudada. O mesmo relata que a toxicidade aguda é a manifestação de um efeito em um organismo aquático em um curto espaço de tempo após a administração de uma única dose da substância a ser analisada com potencial toxicológico.

Segundo Flohr (2007), os ensaios de toxicidade aguda permitem:

- Estabelecer uma relação entre a dose administrada e a intensidade de efeitos adversos observados;
- Calcular uma dose ou uma concentração letal;
- Estabelecer uma comparação da toxicidade de uma substância com outras no qual a toxicidade é conhecida;
- Fornecer indicações sobre os possíveis efeitos de uma exposição aos seres humanos;
- Orientar os próximos ensaios a serem realizados.

Os testes crônicos se diferenciam dos agudos, principalmente, pelo tempo de exposição do organismo-teste com o meio de cultura preparado com a substância potencialmente tóxica. Em geral, esses testes demonstram o real impacto tóxico do material em contato com o meio. Na maioria dos casos, estes testes englobam o ciclo de vida total dos organismos-testes, sendo que dessa maneira é possível verificar os efeitos da exposição continua a substância estudada na sobrevivência, reprodução, e mutação dos mesmos (COSTA et al, 2008; MARIANI, 2017).

Na toxicologia, o organismo-teste escolhido não é necessariamente aquele que apresenta mais semelhanças com o ser humano, mas o que irá permitir uma melhor evidência do tipo de efeito toxicológico pesquisado, ou seja, o que tende a ter uma sensibilidade mais expressiva para determinada análise (FLOHR, 2007).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) é um órgão regulador que utiliza organismos aquáticos como bioindicadores em seus ensaios de toxicidade, com o

objetivo de determinar os efeitos tóxicos causados por agentes químicos em amostras de água (SILVA et al, 2010).

Os testes de toxicidade não são capazes de substituir as análises químicas tradicionais. Enquanto que as análises químicas identificam e quantificam as concentrações das substâncias tóxicas, os testes de toxicidade avaliam o efeito dessa substâncias sobre os sistemas biológicos. Com a junção desses dois tipos de análises é possível obter um panorama mais bem definido sobre os efeitos qualitativos e quantitativos de substâncias potencialmente tóxicas sobre estudo (HIGASHI, 2016).

2.5 Organismos-Testes em ensaios toxicológicos

Organismos-testes são espécies mantidas em laboratório e cujos conhecimentos de sua biologia são suficientes para que seja possível utilizá-los como indicadores de toxicidade. É importante que esses organismos tenham uma relativa sensibilidade aos compostos presentes nas substâncias potencialmente tóxicas em análise (ECOTOX, 2017).

2.5.1 *Allonais inaequalis*

Os oligoquetos são importantes constituintes da fauna continental aquática e participam ativamente dos processos de decomposição e ciclagem da matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos (ESTEVES et al., 2011).

O *A. inaequalis* foi o organismo-teste utilizado para verificar a capacidade toxicológica do resíduo sólido aqui estudado. Este pertence ao Filo Annelida, Classe Clitellata, Ordem Hapotaxida, Familia Naididae (HIGASHI, 2016).

Ainda não existem muitos estudos com a utilização de oligoquetos no Brasil, porém, a escolha por utilizar esse grupo de organismos em estudos envolvendo a área ambiental tem se difundido bastante. Com o crescente desenvolvimento da toxicologia ambiental, esses organismos vem ganhando espaço em relação a utilização como organismo-teste (NASCIMENTO, 2014). Contudo, a utilização desse tipo de *Allonais* vem sendo feita em pesquisas isoladas. Dessa forma, ainda não existe uma padronização bem definida, mas nota-se que esses estudos possuem uma importância significativa que caminha para uma futura padronização nos métodos empregados para essa espécie (HIGASHI, 2016).

Rios (2013) relata que a espécie *Allonais inaequalis* pertence a mesma família do *Tubifex tubifex*, uma espécie comumente utilizada em diversos bioensaios de toxicidade. Este

é um organismo que apresenta normas já estabelecidas. Assim, é capaz se servir como base em testes com *A. inaequalis.*

Os oligoquetos possuem a capacidade de obter respostas significativas frente a testes toxicológicos, uma vez que os mesmos se adaptam a vários tipos de ambientes, além de possuir efeitos bioacumulativos (GOMES, 2017).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a toxicidade do lodo gerado pelo cacto *Opuntia Cochenillifera* visando o fornecimento de água de consumo em comunidades isoladas.

3.2 Objetivos específicos

1. Realizar ensaios de tratabilidade

2. Avaliar a capacidade tóxica do lodo sobre o organismo-teste *Allonais inaequalis*

4 METODOLOGIA

4.1 Coleta e armazenamento do resíduo sólido

Utilizando os resultados otimizados pela pesquisa do André Bogni (2016) realizou-se uma série de ensaios para recolher o resíduo sólido para posterior análise. Os parâmetros utilizados nos ensaios de tratabilidade podem ser visualizados na Tabela 1.

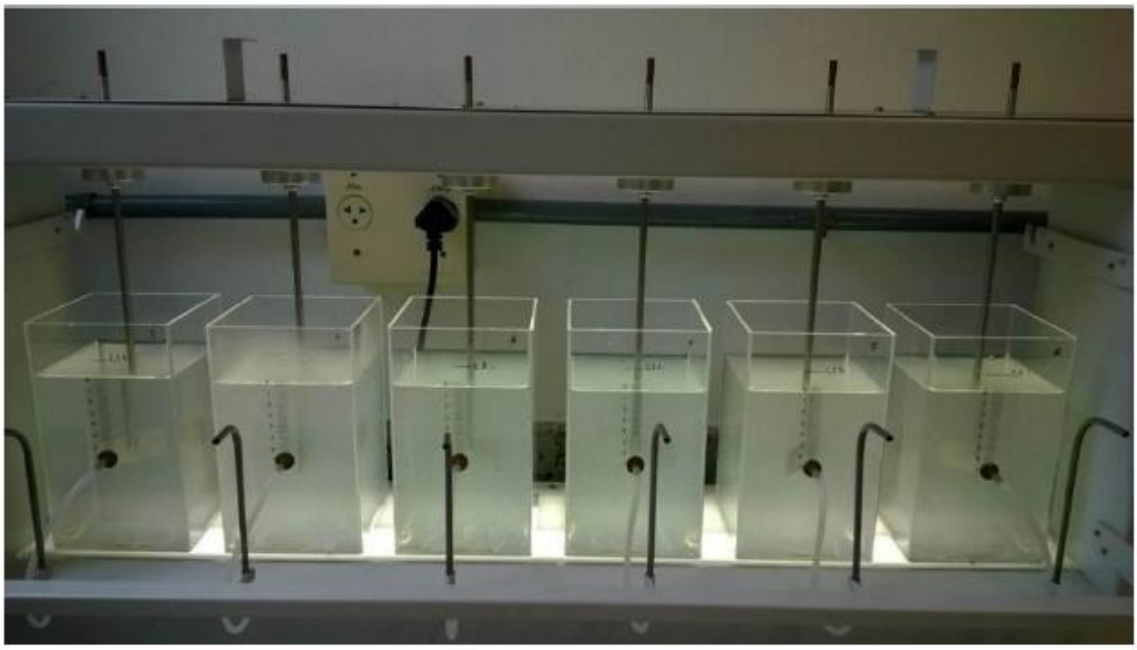
Tabela 1. Parâmetros utilizados nos ensaios de tratabilidade.

Gradiente de mistura rápida (s^{-1})	Tempo de mistura rápida (s)	Gradiente de mistura lenta (s^{-1})	Tempo de mistura lenta (min)	Velocidade de Sedimentação (cm/min)	Metodologia de preparo	Dosagem	pH
200	120	30	30	0,15	Mucilagem	0,1mL	2,78

Fonte: BOGNI, 2016

Os ensaios de tratabilidade foram realizados em equipamento conhecido como Jarteste (Figura 1), com o auxílio do coagulante natural extraído da *Opuntia cochenillifera* (Figura 2).

Figura 1. Equipamento Jarteste.



Fonte: BOGNI, 2016

Figura 2. *Opuntia cochenillifera* sem flores e espinhos.

Fonte: BOGNI, 2016

Foram realizados 5 (cinco) ensaios para obter o total do lodo utilizado nos testes de toxicidade. Para recolher esse material, foi necessário retirar o sobrenadante (água tratada) dos jarros do Jarteste, para assim, armazená-lo em um único recipiente plástico (Figura 3).

Figura 3. Recipiente para armazenamento do lodo.

Fonte: Próprio autor

Ensaios em condições de pH neutro (6,38), 5 ao total, foram realizados para fins de comparação de resultados posteriormente. O lodo remanescente foi armazenado de maneira idêntica ao dos ensaios em condições ótimas.

Para evitar contaminação do material, alocaram-se os recipientes na geladeira e vedou-se a parte superior dos mesmos com fita crepe, como é possível verificar na Figura 3. O período no qual os resíduos ficaram armazenados até a realização dos ensaios toxicológicos foi de 1 semana sob refrigeração.

4.2 Preparo da solução do resíduo sólido e do meio de cultura microbiano

Após o período de refrigeração, retiraram-se os recipientes da geladeira e deixou-os expostos a temperatura ambiente por cerca de uma hora e meia.

Com o intuito de viabilizar a realização dos ensaios com as *Allonais inaequalis*, adicionou-se água deionizada em cada um dos recipientes até a marca de 1L, e agitou-se a solução para que a mesma fosse homogeneizada. Esse procedimento foi realizado, devido a necessidade dos testes com as *Allonais inaequalis* precisarem ser executados em meio líquido.

Fazendo-se uso de potes plásticos de 250 mL devidamente higienizados (Figura 4), preparou-se o meio de cultura para dar início aos testes toxicológicos. Em sua composição o meio de cultura foi mesclado com 100 mL da solução contendo resíduo sólido do processo de tratamento, 5 g de areia esterilizada em estufa, e 5 mL de solução Tetramin ® (1 L de água deionizada + 2 g de ração para peixe triturada). Essa solução Tetramin (Figura 5) foi utilizada para alimentar os organismos de acordo com métodos padronizados por Barbosa (2000).

Figura 4. Visualização dos potes plásticos de controle e lodo.

Fonte: Próprio autor

Figura 5. Solução Tetramin.

Fonte: Próprio autor

4.3 Ensaio Toxicológico com o organismo-teste *Allonais inaequalis*

Para testar a toxicidade dos resíduos sólidos gerados a partir do tratamento de água com coagulação natural por meio da *Opuntia Cochenillifera* foram realizados dois tipos de testes – agudo e crônico – com procedimentos bastante similares.

Nos testes de toxicidade aguda com a espécie trabalhada foram utilizadas 4 (quatro) réplicas do meio de cultura citado anteriormente, com 6 (seis) *A. inaequalis* em cada um deles. O tempo de exposição destes no ambiente preparado foi de 96 horas (4 dias), sem aeração ao longo no ensaio e com alimentação em um único momento do período analisado – início do experimento.

Nos testes de toxicidade crônica, utilizando-se o mesmo organismo do procedimento anteriormente apresentado, foram feitos sobre quadruplicata com a presença de 6 oligoquetas distribuídas em cada pote. O período de exposição foi de 240 horas (10 dias), sendo que neste cenário ocorreu uma aeração constante até o final dos testes, e houve uma reposição de alimento no meio do processo experimental.

Com o término do período de exposição das *A. inaequalis* no meio de cultura, contou-se o número de organismos presentes em cada pote, para dessa forma verificar a possível ação tóxica do lodo gerado no tratamento da água. Essa contagem final foi feita com o auxílio de um microscópio e um conta-gotas, utilizado para capturar os organismos e armazená-los em pequenos recipientes de vidro na presença de formol.

Na Tabela 2 é possível verificar de forma resumida toda a metodologia utilizada para a realização dos bioensaios.

Tabela 2. Parâmetros dos ensaios de toxicidade realizados

	Agudo	**Crônico**
Solução-Teste (mL)	100	100
Sedimento (g)	5	5
Organismo por réplica	6	6
Nº de réplicas	4	4
Temperatura (ºC)	23 a 25	23 a 25
Fotoperíodo (h luz)	12	12
Alimentação (mL)	5 – início do teste	5 – a cada 2 dias
Aeração	Não	Sim
Duração do teste (dias)	4	10

Fonte: Próprio autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do resíduo sólido

Pode-se dizer que a caracterização do resíduo sólido gerado após o processo de tratamento de água para consumo está intimamente ligada a composição original da água de estudo e da solução coagulante. Assim sendo, nas Tabelas 3, 4 e 5 é possível visualizar os resultados obtidos nas análises realizadas.

Tabela 3. Características da água de estudo utilizada no processo de tratamento

Turbidez (uT)	147,66 ± 19,64	
Cor aparente (Pt-Co)	132,33 ± 9,42	
pH	6,69 ± 0,32	
Temperatura (°C)	22,6 ± 2	
Alcalinidade (mg$CaCO_3$/L)	**Parcial**	16,10 ± 1,23
	Total	24,96 ± 0,83
Condutividade (µS/cm a 23°C)	55,86 ± 6,34	

Para conferir a água de estudo a turbidez e cor aparente desejada, utilizou-se o auxílio de 20 g de caulinita, viabilizando a possibilidade do ensaio de tratabilidade.

Tabela 4. Caracterização de sólidos da solução coagulante

	Sólidos Totais	**Sólidos Voláteis**	**Sólidos Fixos**	**Sólidos Suspensos Totais**	**Sólidos Suspensos Voláteis**	**Sólidos Suspensos Fixos**
Coagulante (g/L)	13,33 ± 1,64	11,15 ± 1,85	2,18 ± 0,52	2,64 ± 0,41	2,35 ± 0,32	0,29 ± 0,09

Tabela 5. Caracterização de metais da solução coagulante

Parâmetros	Coagulante (mg/L)	Limite de Detecção (LD)	Método de Referência
Alumíno	2,79	0,01	SM 3111 D
Chumbo	0,09	0,01	SM 3111 B
Cádmio	0,021	0,0006	SM 3111B
Ferro	0,547	0,005	SM 3111 B
Manganês	2,29	0,003	SM 3111 B
Mercúrio	< LD	0,0001	SM 3112 B

Os resultados obtidos relevam uma maior concentração de sólidos voláteis na composição do coagulante, representando 84% da concentração de sólidos totais. Na análise de metais, nota-se uma presença expresiva de alumínio e manganês.

Após o processo de tratamento, grande parte dos sólidos e metais detectados aglomeraram-se no resíduo sólido gerado. Dessa forma, é possível relacionar os resultados encontrados com a composição da solução do lodo formado.

Uma caracterização mais detalhada e específica seria ideal para analisar de forma mais profunda as relações químicas presentes na solução final, e assim entender possíveis efeitos toxicológicos que possam vir a se mostrar presentes no resíduo.

5.2 Ensaios Toxicológicos

Ao final dos 10 (dez) ensaios de tratabilidade – cinco com pH aproximadamente neutro e cinco com pH ácido (ótimo) – obteve-se 80 g de lodo com teor ácido e 38 g oriundo dos testes neutros. Dessa forma, foi possível elaborar a solução de lodo para compor o meio de cultura para os testes de toxicidade.

Barbosa (2000) ressalta que para os testes agudos e crônicos aqui realizados, as seguintes considerações são válidas:

- Mortalidade até 10%, o composto em análise pode ser considerado sem toxicidade aparente;
- Mortalidade entre 10% e 50%, material trabalhado possui indícios de toxicidade ao meio;

- Mortalidade superior a 50%, o resíduo possui um grau de toxicidade avançado e necessita-se de cuidados para sua manipulação.

Através das relações descritas acima, foi possível determinar qual o teor tóxico do lodo gerado ao longo do processo de tratamento de água a partir da utilização do coagulante natural extraído da *Opuntia cochenillifera*.

5.2.1 Teste de toxicidade aguda

Como mencionado anteriormente, esse teste foi realizado em quadruplicata para reproduzir resultados mais confiáveis e fidedignos com a realidade. Dois cenários foram analisados, um com meio de cultura ácido (pH 2,78) e outro em condições mais neutras (pH 6,35). Na Tabela 6 é possível ver um panorama resumido dos resultados obtidos depois de 4 (quatro) dias de exposição.

Tabela 6. Resultados obtidos após a finalização do teste agudo

pH	Réplica	Controle	Mortalidade Controle %	Lodo	Mortalidade Lodo %	Toxicidade
2,78	1	6	0	6	0	Nula
	2	6	0	6	0	Nula
	3	6	0	5	17	Indício
	4	6	0	6	0	Nula
6,35	1	6	0	5	17	Indício
	2	6	0	6	0	Nula
	3	6	0	6	0	Nula
	4	6	0	6	0	Nula

Fonte: Próprio autor

Os dois cenários analisados apresentaram resultados rigorosamente iguais, não havendo distinção entre um meio ácido e neutro. Em três dos ambientes de estudo – para cada meio de cultura – todos os organismos foram encontrados vivos, caracterizando-se um composto não tóxico de acordo com Barbosa (2000).

Em um dos potes um *Allonais inaequalis* não foi encontrada. Este resultado representou 16% de mortalidade, dando indícios de que resíduo pode ser tóxico. Contudo, isso pode ter sido

falha de operação, uma vez que essas oligoquetas podem se esconder na areia presente no meio, dificultando a sua descoberta.

Apesar dos resultados obtidos, eles não são totalmente conclusivos, necessitando da realização de testes que contribuam para análise final da real toxicidade do material. Com isso em mente, foi proposto a realização do teste crônico com esses organismos em condições semelhantes, com a única diferença no tempo de exposição ao meio.

5.2.2 Teste de toxicidade crônica

Com o intuito de gerar subsídios para uma análise mais conclusiva, iniciaram-se os testes crônicos nos *Allonais inaequalis*. Ficando dez dias em contato com o meio de cultura foi possível observar uma grande distinção entre os cenários apresentados, como pode ser visualizada na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados obtidos após a finalização do teste crônico

pH	Ensaio	Controle	Mortalidade Controle %	Lodo	Mortalidade Lodo %	Toxicidade
2,78	1	19	-216*	0**	--	--
	2	6**	--	4	33	Indício
	3	17	-183*	6	0	Nula
	4	11	-83*	5	16	Indício
6,35	1	22	-266*	23	-283*	Nula
	2	33	-450*	27	-350*	Nula
	3	34	-466*	29	-383*	Nula
	4	21	-250*	29	-383*	Nula

Fonte: Próprio autor

* Resultado em porcentagem negativa representa na verdade a reprodução das *Allonais inaequalis* no meio de cultivo utilizado

** Resultado desprezado na análise por incoerência

Com os resultados finais a disposição, foi possível verificar um comportamento mais divergente entre os testes. Para o lodo com características ácidas (proveniente do tratamento mais eficiente da água de estudo) os resultados apontam para um relativo indício real de toxicidade. Duas razões principais para essa visão ganhar força são: classificação proposta por

Barbosa (2000); e a comparação com o meio neutro, uma vez que neste ambiente foi possível observar uma reprodução considerável ao final do período dos dez dias, sendo que nos potes com alcalinidade baixa não ocorreu esse mesmo comportamento.

Vale lembrar que os testes com pH 6,35 só foram realizados para fins de comparação, já que os resultados de tratabilidade obtidos não foram expressivos em ambientes com acidez acima de 4,2 segundo Bogni (2016).

Apesar de alguns estudos indicarem uma boa ação deste em alcalinidades neutras, dependendo das características da água ele pode ser eficiente somente no cenário encontrado por Bogni (2016) – pH baixo. Dessa forma, um cuidado no manuseio e destinação dos resíduos sólidos gerados em pH baixo ao longo do processo é imprescindível.

Cabe ressaltar que o pH normal de criação dos organismos utilizados nesses testes toxicológicos varia entre 6 e 8. Sendo assim, a faixa ótima aqui trabalhada encontra-se muito abaixo desses índices, e os resultados podem ter sofrido influência dessas condições um pouco mais adversas para as *A. inaequalis, gerando uma barreira maior para a realização dos testes.*

6 CONCLUSÃO

Observando os testes de toxicidade, verificou-se que o lodo gerado pela condição ótima de tratamento (pH = 3) apresentou indícios de toxicidade, característica identificada através da realização de dois testes distintos (agudo e crônico), onde a mortalidade da *Allonais inaequalis* foi estudada em um meio de cultivo com a presença do lodo. Cabe destacar que pode ter sido o pH que influenciou o teste e não os extratos do coagulante.

É interessante verificar futuramente as relações químicas existentes na composição da solução de lodo. Isso é importante para identificar uma possível influência de outros aspectos no indício de toxicidade gerada pelo mesmo nos ensaios realizados.

Os resultados apresentados pela otimização do tratamento de água realizada por Bogni (2016) apresentaram um pH ótimo de coagulação muito ácido, por volta de 2,8, sendo que ao passar de 4,2 não possui uma ação tão efetiva em relação a remoção de partículas indesejadas.

Assim sendo, certo cuidado é necessário para o manuseio desse resíduo, devido as características apresentadas pelo mesmo em pH baixo. Dessa forma, no contexto das comunidades isoladas no Brasil trabalhar com pH baixo pode significar obstáculos de adaptação e cuidado, uma vez que podem existir dificuldades ao ajuste desse parâmetro.

De toda forma, o uso desse coagulante nessas condições pode ser eficaz para pré-tratamentos de água de abastecimento em associação com outras tecnologias de tratabilidade, como por exemplo, filtração lenta em escala domiciliar, entre outros.

Um fator importante a ser mencionado é que a realização dos testes toxicológicos apresentados anteriormente não foram suficiente para obter um resultado taxativo, uma vez que o número de testes, inviabilizado pelo tempo, não foi o esperado, mas já se pode obter um direcionamento sobre as características do resíduo estudado.

Um outro ponto de atenção é a faixa de pH dos testes realizados. Está se encontra fora do ambiente natural dos organismos, e é necessário ter um cuidado maior para análise dos resultados obtidos.

Dessa forma, mais testes com a metodologia apresentada devem ser feitos, e até mesmo a utilização de outros ensaios toxicológicos são recomendados, uma vez que essa metodologia é nova e passível de ajustes com o passar do tempo. O teste com cebolas da espécie *Allium cepa*

pode ser útil, já que este é um teste que direcionaria para uma atividade que pode ser praticada dentro das comunidades, a agricultura.

7 REFERÊNCIAS

ARSKY, I.; SANTANA, V. **Acesso à água na zona rural: o desafio da gestão.** Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Disponível em < http://www4.planalto.gov.br/consea/comunicacao/artigos/2012/acesso-a-agua-na-zona-rural-o-desafio-da-gestao > Acessado em 6 de Outubro de 2017.

BARBOSA, R.M. **Avaliação do impacto de efluentes (lodos) de Estações de Tratamento de Água à biota aquática através de testes de toxicidade**. 2000. 199p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

BRASIL, A. L. **Desafios do Saneamento em Comunidades Isoladas.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em < http://www.abes-sp.org.br/arquivos/ANA_BRASIL_Desafio_Saneamento_Comunidades_Isoladas.pdf > Acessado em 01 de Outubro de 2017.

CARDOSO, F. D. P.; ARAÚJO, B. M; BATISTA, H. L; GALVÃO, W. G. **Prevalência de Enteroparasitoses em Escolares de 06 a 14 Anos no Município de Araguaína - Tocantins.** Revista Eletrônica de Farmácia, v. 7, nº 1, p. 54-64, 2010.

CONAMA. **Resolução nº 5, de 5 de Agosto de 1993.** Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0593.html > Acessado em 8 de Outubro de 2017.

COSTA, C.R.; OLIVI, P.; BOTTA, C.M.R., ESPÍNDOLA, E.L.G. **A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação.** Química Nova, v.31, n.7, p. 1820-1830, 2008.

DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** RiMa. São Carlos, 2002, 237p.

ECOTOX. **O que são organismos-teste?** Ecotox Análise e Consultoria Ambiental. Disponível em < http://www.ecotox.com.br/pergunta-detalhe&id=11 > Acessado em 08 de Outubro de 2017.

ESTEVES, F.A.; LEAL, J.J.F.; CALLISTO, M. **Comunidade Bentônica.** In: Fundamentos de limnologia, 3ª edição. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2011, 790p.

FERNÍCOLA, N. A. G. G; BOHRER-MOREL, M. B. C.; BAINY, A. C. D. **Ecotoxicologia.** In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. As bases toxicológicas da ecotoxicologia, São Carlos, 2003, 340p.

FLOHR, L. **Ensaios toxicológicos com *Daphnia magna* como alternativa para classificação de resíduos sólidos industriais.** 2007, 121p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

GERVASONI, R. **Caracterização e avaliação do potencial de destinação do lodo de estações de tratamento de água do Estado do Paraná.** 2014, 144p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

GOMES, D.F.; SANCHES, N.A.O.; SAHM, L.H.; GORNI, G.R. **Aquatic oligochaeta (Annelida: Clitellata) in extrative reserve Lake Cuniã, Western Brazilian Amazon.** Biota Neotropica (Edição em inglês), v. 17, p. 1-7, 2017.

HELLER, L. **Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento.** Artigo científico. Ciência & Saúde Coletiva, p 73 – 84, 1998.

HIGASHI, E.S. **Bioensaios de toxicidade da água do efluente de Biofiltros em areia como ferramenta de avaliação da qualidade da água.** 2016, 87p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

HOSOI, C. **Comunidades Isoladas exigem um saneamento sob medida.** Revista DAE v. 187, p 3, 2011.

HOPPEN, C.; PORTELLA, K.; ANDREOLI, C. V.; SALES, A.; JOUKOSKI, A. **Estudo de dosagem para incorporação do lodo de ETA em matriz de concreto, como forma de disposição final.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mata Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, 2010, 219p.

JANUÁRIO, G.F. **Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da Região Metropolitana de São Paulo.** 2005, 241p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

KNIE, J. L. W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos: métodos, técnicas e aplicações.** Embrapa Agropecuária Oeste (CPAO), Florianópolis, 2004, 289p.

MARIANI, C. F. **Ecotoxicologia.** Portal de Ecologia Aquática. Disponível em < http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=143&Itemid=419 > Acessado em 08 de Outubro de 2017.

MATIAS, W.G. **Introdução à toxicologia ambiental.** Notas de Aula, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MICHELAN, D. C. G. S. et al. **Desempenho do Sistema filtração em margem seguida de filtração lenta retrolavável em Ituporanga – Santa Catarina.** Comunidades Isoladas exigem um saneamento sob medida. Artigo técnico, Revista DAE, v. 187, p 28 – 36, 2011.

MMA. **Resíduos Sólidos.** Ministério do Meio Ambiente. Disponível em < http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos > Acessado em 7 de Outubro de 2017.

MOURA, N. S.; VASCONCELOS, A. C. M.; BERNABÉ, B. M.; TEIXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H. **Ensaios toxicológicos: um estudo sobre a utilização de testes *in vivo* e *in vitro*.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, nº 15, p 1945 – 1956, 2012.

NASCIMENTO, H. L. S. **Branchiura sowerbyi (Oligochaeta, Naididae) como espécie-teste em bioensaios ecotoxicológicos.** 2014, 114p. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

PAIVA, M.W.; PARREIRA, R.L.T. **Resíduos das estações de tratamento de água (ETA).** In: Linguagem Acadêmica, v. 2, nº 2, Batatais, p 83 – 96, 2012.

PEREIRA, A. C. **O saneamento em comunidades isoladas no município de Itapetinga (SP).** 2013, 60p. Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PROJETO SAÚDE E ALEGRIA. **Água e Saneamento: saúde comunitária.** Disponível em < http://www.saudeealegria.org.br/?projeto=saude-comunitaria/agua-e-saneamento-proposta > Acessado em 30 de Setembro de 2017.

RIOS, K. C. R. C. **Avaliação ecotoxicológica do sedimento a montante e a jusante da barragem do Ribeirão João Leite.** 2013, 150p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

SILVA, W. T. L. **Tecnologias de Saneamento Básico Rural desenvolvidas na Embrapa.** In: IV Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública, Belo Horizonte, 18 a 22 de Março de 2013.

YU, M. H. **Environmental toxicology: biological and health effects of pollutants.** In: CRC Press LLC, 2ª edição, Florida, 2005, 370p.