

**LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

NATALIA ARAGÃO TAVARES

**REMOÇÃO DE FERRO E ALUMÍNIO EM ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI
UTILIZANDO CASCA DE CARANGUEJO COMO ADSORVENTE**

NATAL/RN

2019

NATALIA ARAGÃO TAVARES

**REMOÇÃO DE FERRO E ALUMÍNIO EM ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI
UTILIZANDO CASCA DE CARANGUEJO COMO ADSORVENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa

NATAL/RN

2019

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Tavares, Natália Aragão.

Remoção de ferro e alumínio em água da lagoa do Jiqui utilizando casca de caranguejo como adsorvente. / Natália Aragão Tavares. – Natal, 2019.

XXf.

Orientador: Profº. Dr. Werner Farkatt Tabosa.

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Engenharia civil – Monografia. 2. Adsorção – Monografia. 3. Metais pesados – Monografia. 4. Casca de caranguejo – Monografia. I. Tabosa, Werner Farkatt. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

NATÁLIA ARAGÃO TAVARES

**REMOÇÃO DE FERRO E ALUMÍNIO EM ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI
UTILIZANDO CASCA DE CARANGUEJO COMO ADSORVENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Werner Farkatt Tabosa
Orientador

Prof. Msc Kaline Dantas
Membro Interno

Prof. Dr. Carla Gracy Ribeiro Meneses
Membro Externo

Dedico este trabalho à minha mãe e meu noivo por se constituírem diferentemente como pessoas, admiráveis em essência, estímulos que me impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, meus agradecimentos por terem aceito se privar de minha companhia pelos estudos, concedendo a mim a oportunidade de me realizar ainda mais.

AGRADECIMENTO

Agradeço em primeiro lugar a DEUS por ter me proporcionado mais essa conquista;

Aos meus pais Tutimés e Francilene, por acreditar e incentivar minhas escolhas, apoiando-me e esforçando-se junto a mim, para que eu suprisse todas elas;

A meu noivo Osvaldo, por me apoiar nos momentos mais difíceis dessa graduação, por não me deixar desistir quando as dificuldades apareceram, por sempre estar do meu lado e me fortalecer para continuar e concluir, que me acompanhou em cada etapa da pesquisa, e foi fundamental para a realização do trabalho;

Às minhas amigas Nathália Fernandes, Mirthes Campos e Tássia Meneses, pelas noites sem dormir que passamos juntas estudando, e por se tornarem minha família além de amigas, quando eu estava sozinha e comecei essa jornada;

Ao professor Werner, pela dedicação em suas orientações prestadas na elaboração deste trabalho, incentivando-me e colaborando no desenvolvimento de meu trabalho.

À técnica e a auxiliar do laboratório de química, Ulana Cristina de Araújo Tavares, e Lucélia Soares de Souza, pela participação e colaboração nos experimentos realizados.

“O sucesso não consiste em não errar,
mas em não cometer os mesmos
equívocos mais de uma vez.”

(George Bernard Shaw)

RESUMO

Os processos de urbanização não contribuem para a permanência das condições aceitáveis dos mananciais disponíveis para consumo humano. As elevações das concentrações de alguns metais pesados nas reservas hídricas, é uma das consequências desse crescimento urbano e industrial. Exemplo disso é o Rio Pitimbu, com elevações em Ferro (1,08mg/l) e Alumínio (0,6mg/l), retratado por OLIVEIRA, (2012). Devido a sua contribuição no volume de água da Lagoa do Jiqui, e por sua importância no Sistema de Abastecimento de Água de Natal, foi realizado nesse trabalho um procedimento de tratamento em amostras de água coletadas na Lagoa do Jiqui, de floculação com sulfato de alumínio, adsorção utilizando a quitosana, um adsorvente extraído da casca do caranguejo Ucides Cordatus, para remoção de alumínio e ferro, e filtração, para eventuais análises comparativas entre água bruta e os limites máximo permitido pela Resolução CONAMA nº357, e de água bruta com a água tratada pelo método proposto, com base no padrão de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 11 de outubro de 2017. Deste modo foi possível constatar que a Lagoa do Jiqui se encontra dentro dos padrões de água doce ao abastecimento para consumo humano para os parâmetros Alumínio Solúvel, Alumínio Total, Ferro Solúvel e Ferro Total, e que ainda assim foi possível reduzir as concentrações para Ferro Solúvel em mais de 83%, e para o Ferro Total em mais de 87,5%, atendendo perfeitamente à Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, a não ser pelo Alumínio Solúvel e Alumínio Total que teve um aumento excessivo devido a aplicação do sulfato de alumínio para a floculação, dispensando assim, sua utilização nesse método de tratamento.

Palavras-chave: Adsorção. Metais pesados. Casca de caranguejo.

ABSTRACT

Urbanization processes do not contribute to the permanence of the acceptable conditions of the sources available for human consumption. The high concentrations of some heavy metals in water reserves is one of the consequences of this urban and industrial growth. An example of this is the Pitimbu River, with elevations in Iron (1.08mg / l) and Aluminum (0.6mg / l), portrayed by OLIVEIRA, (2012). Due to its contribution in the water volume of the Jiqui Lagoon, and because of its importance in the Natal Water Supply System, a treatment procedure was carried out in water samples collected in the Jiqui Lagoon, flocculation with aluminum sulfate , adsorption using chitosan, an adsorbent extracted from the *Ucides Cordatus* crab shell, for aluminum and iron removal, and filtration, for eventual comparative analyzes between raw water and the maximum limits allowed by CONAMA Resolution nº357, and of raw water with water treated by the proposed method, based on the potability standard of Annex XX of Consolidation Ordinance No. 5 of October 11, 2017. This way it was possible to verify that the Jiqui Lagoon is within the fresh water standards for supply for human consumption for the parameters Aluminum Soluble, Total Aluminum, Soluble Iron and Total Iron, and that it was still possible to reduce conc more than 83%, and Iron Total by more than 87.5%, fully complying with Consolidation Ordinance No. 5, except for Aluminum Soluble and Total Aluminum, which had an excessive increase due to the application of the aluminum sulphate for flocculation, thereby dispensing with its use in this method of treatment.

Keywords: Adsorption. Heavy metals. Shell of crab.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 01 - Fluxograma da metodologia de pesquisa.....	15
Figura 02 – Caranguejo Uçá (<i>Ucides Cordatus</i>).....	16
Figura 03 – Casca do caranguejo em béquer com água destilada fervente....	17
Figura 04 – Trituração da caca de caranguejo no Gral Ágata..	18
Figura 05 – Casca de caranguejo triturada.....	18
Figura 06 – Coleta da amostra de água da Lagoa do Jiqui.	20
Figura 07 – Amostras armazenadas em caixa exotérmica para transporte.....	21
Figura 08 – Transferindo a água clarificada de um béquer a outro com o pepitador... ..	22
Figura 09 – Filtragem para retenção do adsorvente com os contaminantes... ..	23
Figura 10 – Ilustração do filtro caseiro, desenho feito no AutoCAD..	23
Figura 11 – Vela tripla ação.....	24
Figura 12 – Tomada da captação de água bruta na Lagoa do Jiqui.....	30
Figura 13 – Sistema Jiqui: ETA à Câmara de Reunião do R3.....	31
Figura 14 – Estrutura química do polissacarídeo quitina.	34
Figura 15 - Estrutura química do copolímero quitosana..	35
Figura 16 – Mapa com a distribuição das subespécies do gênero <i>Ucides</i>	36
Figura 17 – Solução laranja com FeCl_3 , e solução azul com CuSO_3	37
Figura 18 – FeCl_3 e CuSO_3 50% adsorvido, 12h processo de adsorção..	38
Figura 19 – Resultado do processo de adsorção após 24h.	38
Figura 20 – Água da Lagoa do Jiqui antes de inserir o adsorvente.....	40
Figura 21 – Água da Lagoa do Jiqui após inserção do adsorvente.	40
Figura 22 – Amostras separadas para a fase de floculação, ensaio final.....	41
Figura 23 – A Removendo quitosana com metais pesados da amostra.	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	13
3	JUSTIFICATIVA	13
4	METODOLOGIA	14
4.1	EQUIPAMENTOS	15
4.2	MATERIAIS PARA O PROCEDIMENTO DE FLOCULAÇÃO E PURIFICAÇÃO	16
4.3	OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA BIOADSORVENTE	16
	Figura 07 - Casca de caranguejo triturada.	18
	Fonte: Próprio autor (2018).	18
4.4	COLETA DA AMOSTRA DE ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI	19
4.5	MÉTODOS	21
5	REFERENCIAL TEÓRICO	24
5.1	RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	24
5.2	USO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL	25
5.3	O ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM NATAL	29
5.4	CASCA DE CARANGUEJO COMO FONTE DE ADSORVENTE	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
6.1	EXPERIMENTO TESTE	37
6.2	EXPERIMENTO COM ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI	39
6.3	TERCEIRO EXPERIMENTO	40
7	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
	APENDICE A	51
	ANEXO A -	54
	ANEXO B -	55

1 INTRODUÇÃO

A água, para chegar aos conjuntos habitacionais própria para consumo, passa por uma série de processos desde a sua captação até as redes de distribuição, para atender os padrões de potabilidades, e não causar danos à saúde humana. O tratamento é dividido em quatro etapas denominadas de clarificação, desinfecção, correção do pH, e a fluoretação.

A primeira etapa, clarificação, é onde essas águas vindas de represas e rios perdem a turbidez, submetidas a coagulação e floculação, que induzem a aglomeração de partículas em suspensão na água, também chamadas de partículas coloidais que não seriam removidas apenas na decantação, formando flóculos que ficam retidos na fase de filtração.

Um dos coagulantes mais utilizados é o sulfato de alumínio, adicionado junto ao óxido de cálcio, também conhecido como cal virgem, que tem a função de corrigir a alcalinidade da água. É a interação dessas duas substâncias que promovem a aglutinação das partículas em suspensão presentes na água bruta.

No tratamento de água para o abastecimento da população, pode também ser empregado coagulantes à base de ferro, que por sua vez provoca elevação de seu teor (LUZ, 2011). Como principalmente alumínio e ferro formam compostos utilizados no processo de coagulação, cujo objetivo é a remoção de partículas em suspensão na água que aflui para a estação de tratamento, (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001). entende-se que há uma necessidade de melhoria no processo de descontaminação por metais pesados na água que é destinada a população, e que disponha de um paralelo entre eficiência e baixo custo de implantação e operação frente as opções de mercado.

Os efeitos tóxicos dos metais podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, interações com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o metabolismo celular em geral (GOYER, 1986 apud FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

O alumínio é um composto neurotóxico que, a longo prazo, pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar à distúrbios neurológicos. Apesar da concentração de alumínio na água ser controlada por aspectos organolépticos, existe um considerável debate no círculo médico relatando

o papel deste metal na incidência do mal de Alzheimer, que é uma doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro (PERL, 1988).

Sabendo dos problemas de saúde que a exposição à concentrações elevadas de metais pesados pode trazer para ao ser humano, e entendendo que esses são contaminantes que podem passar despercebidos por não serem perceptíveis a olho nu em se tratando de um problema advindo da urbanização, portanto novo e sem muito enfoque, o monitoramento das condições dos mananciais para e esse parâmetro é necessário para garantia da qualidade da água consumida pela população.

Nesse contexto, uma pesquisa realizada por OLIVEIRA (2012), estudando amostras de água do rio Pitimbu, que foram submetidas a análises laboratoriais para identificar a concentração de metais pesados, que por sua vez, encontrava-se com Ferro ($1,08 \text{ mg.L}^{-1}$) e Alumínio ($0,6 \text{ mg.L}^{-1}$), ambos com acima do limite permitido de acordo com pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Resolução CONAMA nº 357/2005), entre outros documentos que regulamentam a qualidade dos recursos hídricos para abastecimento humano.

Visando a melhoria da qualidade da água que chega nas residências para a população da cidade de Natal-RN, foi realizada uma pesquisa para investigar a situação atual em relação a presença de metais pesados na bacia de abastecimento da zona sul, leste e oeste da capital, e comparado com os resultados dispostos no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Natal-RN - Produto 02 – Diagnóstico da Situação do Saneamento, baseado no tratamento realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), e a concentração desses poluentes após o tratamento por adsorção com a quitosana extraída com a casca do caranguejo Ucides Cordatus, através de vários processos físicos e químicos, com base nos dados da pesquisa de PORPINO (2009) na remoção de Ferro II de substância aquosa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como finalidade analisar a utilização da quitosana, material derivado da quitina, que está presente na estrutura esquelética da casca do caranguejo Uçá (*Ucides Cordatus*), para a adsorção de metais pesados presentes em águas da Lagoa do Jiqui.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Verificar a quantidade dos metais pesados Ferro e Alumínio presentes na Lagoa do Jiqui;
- Análise comparativa da água bruta da Lagoa do Jiqui com os padrões CONAMA nº357/2005.
- Análise da eficiência da remoção de metais pesados pela quitosana extraída da casca do caranguejo;
- Análise comparativa da água tratada com os padrões de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 11 de outubro de 2017.

3 JUSTIFICATIVA

A população em sua grande maioria não tem conhecimento dos atributos (Resolução CONAMA nº357, 2005), que um manancial de abastecimento humano deve possuir, e muito menos entende dos processos que a água precisa passar para que fique própria para consumo e seja destinada as suas moradias, e tão pouco que o descumprimento de qualquer padrão de potabilidade é que pode estar sendo o motivos do frequente adoecimento de consumidores nos aglomerados urbanos. Neste contexto, estima-se que 80% de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento sejam causados pelo consumo de água contaminada (MORAES; JORDÃO, 2002).

Algumas dessas doenças, como cólera, diarreia infecciosa, hepatite A, são decorrentes da presença em quantidades demasiadas de metais pesados nas fontes

que alimentam a população, que vão desde efeitos tóxicos agudos, a câncer por danos ao DNA, conforme afirmação de Moraes e Jordão (2002).

A descoberta do uso da quitina presente na carapaça do caranguejo como agente separador dos contaminantes metais pesados da água, já foi um passo importante alcançado pela comunidade da química, área em que surgiu as primeiras pesquisas referentes a bioadsorção, em prol da melhoria da qualidade da água. A possibilidade de sua aplicação no processo de potabilidade da água, proporcionando uma etapa específica para a adequação das concentrações desses contaminantes em condições aceitáveis ao consumo, traria uma relevância ainda maior no âmbito da engenharia sanitária contribuindo para isentar do perigo a saúde pública.

Propiciar alternativas socioeconômica viáveis para o tratamento da água, através de pesquisas, é uma das responsabilidades que o profissional, enquanto engenheiro, deve ter com o meio e a comunidade a que está inserido, sendo seu dever, de acordo com o Artigo 9º do Código de Ética Profissional do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia e Conselho Regional de Engenharia e Agronomia “oferecer seu saber para o bem da humanidade” e também “contribuir para a preservação da incolumidade pública”.

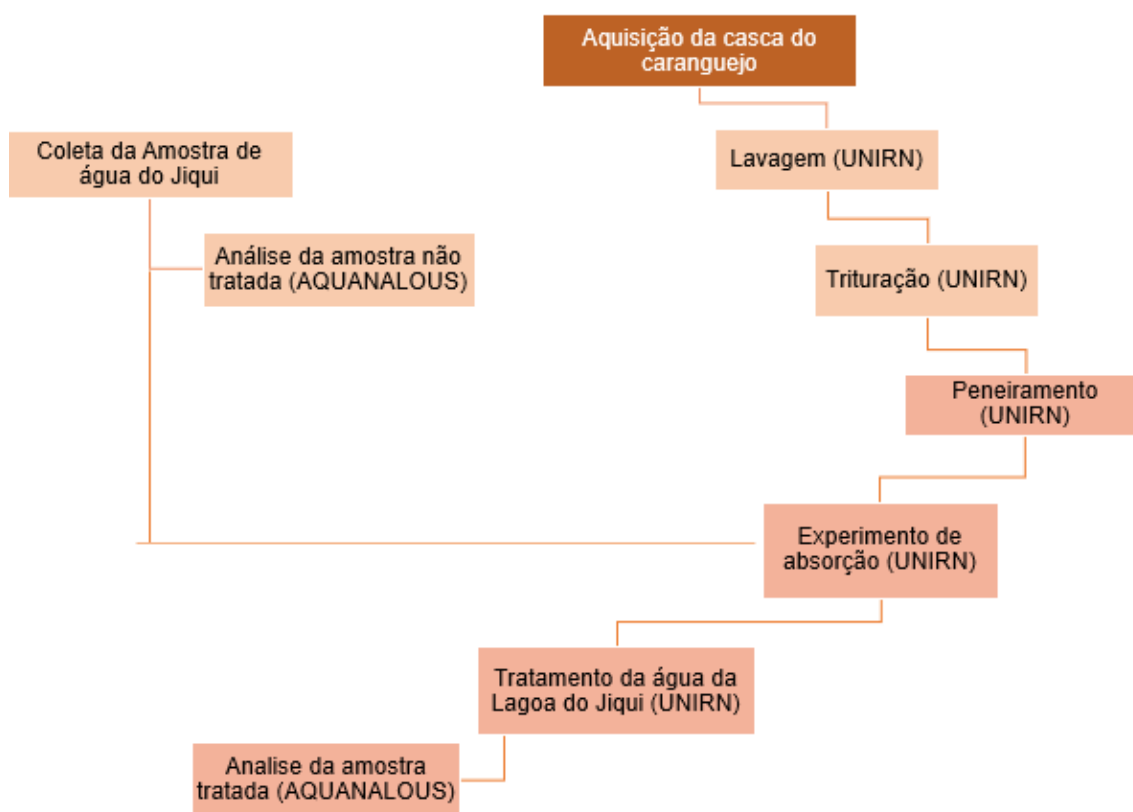
4 METODOLOGIA

Neste capítulo serão descritos todos os procedimentos executados, como foram conduzidos, bem como todos os equipamentos e materiais utilizados para que fosse possível a concretização da pesquisa.

Este é um projeto de pesquisa de caráter exploratório e bibliográfico, em livros artigos e periódicos, acerca da utilização de material orgânico casca do Caranguejo Uçá (*Ucides Cordatus*), como fonte do bioadsorvente de metais pesados, quitina. As etapas foram praticadas em sua maioria no laboratório de química do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), mas conta com a parceria do Laboratório de Análise de Efluentes Líquidos, Aquanalous para realização da análise toxicológicas/ físico-química das amostras de água *in natura*, e após os processos de tratamento que foram efetuados. Teve como referências norteadoras a NBR 9898- de junho de 1987, NBR 9897 junho de 1987, Resolução CONAMA N°357 2005, Resolução CONAMA N°344 2004, Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 11 de outubro de 2017.

A seguir o fluxograma da metodologia da pesquisa (Fig 01).

Figura 01 – Fluxograma da metodologia de pesquisa



Fonte: Adaptado de PORPINO (2009).

4.1 EQUIPAMENTOS

Os equipamentos necessários para os procedimentos de transformação da matéria prima, Caranguejo Uçá, no adsorvente quitosana, estão listados abaixo:

- Funil;
- Bequer;
- Espátula;
- Erlenmeyer;
- Vidro Relógio;
- Gral de Ágata;
- Vela tripla ação;
- Fogareiro elétrico;

- Bastão de vidro;
- Balança analítica, Bioprecisa, FA 2104N;
- Deionizador, TKA DI 800;
- Estufa de secagem Fanem 310;

4.2 MATERIAIS PARA O PROCEDIMENTO DE FLOCULAÇÃO E PURIFICAÇÃO.

Coagulantes:

- Sulfato de Alumínio
- Cal.

Purificante:

- Cloro.

4.3 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA BIOADSORVENTE

As cascas do caranguejo *Ucides Cordatus* Fig. 02, foram adquiridas em um restaurante no bairro de Morro Branco da cidade de Natal-RN. Foram coletadas 130 cascas de caranguejo, que rendeu 376,11 gramas após ser triturada com o auxílio de um Gral Ágata.

Figura 02 – Caranguejo Uçá (*Ucides Cordatus*).



Fonte: Banco internacional de Objetos Educacionais (2015).

O material passou por um procedimento de lavagem pormenorizada para garantir que ficasse totalmente livre de temperos e restos de carne, e as partes com pelo foram descartadas, metodologia de limpeza semelhante ao descrito por PORPINO (2009), que comprovou a possibilidade de aplicação desse material, orgânico, no estudo de biossorção de metais pesados. A matéria prima foi submetida a lavagem com água destilada fervente, pelo menos três vezes com auxílio de béquer e fogareiros elétricos, distribuído em seis conjuntos, em virtude do número de carapaças, conforme mostra a Figura 03.

Figura 03 – Casca do caranguejo em béquer com água destilada fervente.



Fonte: Próprio autor (2018).

Na sequência, a carapaça ficou por 24 horas na estufa a uma temperatura de 110°C. Após esse procedimento, o material tornou-se frágil, pronto para ser triturado manualmente no Gral Ágata e então ser peneirado para obtenção da fração granulométrica de 0,59mm, granulometria essa que garante o potencial máximo de adsorção de metal pesado em água.

Abaixo segue ilustração da matéria prima triturada na Figura 04, e peneirada na Figura 05.

Figura 04 – Trituração da caca de caranguejo no Gral Ágata.



Fonte: Próprio Autor (2018).

Figura 05 - Casca de caranguejo triturada.



Fonte: Próprio autor (2018).

Após ser submetido a essas etapas, o material triturado precisou ser desmineralizado, desproteinizado, desodorizado, para então ser obter a quitina, e por fim, desacetilado, dissolução, precipitação, neutralização, secagem quando ocorre a transformação da quitina em quitosana, a real responsável por separar os metais

pesados da água. Para isso, foram usados Ácido Clorídrico (HCl), Hidróxido de Sódio (NaOH), Hipoclorito de Sódio (NaClO) e NaOH respectivamente.

4.4 COLETA DA AMOSTRA DE ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI

As coletas foram divididas em dois momentos, no qual o primeiro ocorreu em abril de 2018, onde a extração se deu nas redondezas da Estação de Tratamento de Água do Jiqui (ETA do Jiqui) porém fora das instalações da CAERN e não seguiu as orientações das normas NBR 9898 e NBR 9897 para a coleta, teve por objetivo a obtenção de resultados por análise visual. O segundo momento ocorreu em abril de 2019, dessa vez a amostra de água estudada, foi coletada na ETA do Jiqui, cujas instalações tomam cerca de 10% da Lagoa do Jiqui, local exato de onde foi colhida a porção d'água.

Para a coleta foram seguidas as prescrições normativas da NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – e o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras no que diz respeito ao material de armazenamento, garrafa de polipropileno, lavagem do recipiente de armazenamento, e condições de transporte, em caixa exotérmica com gelo reciclável, respeitando os prazos para análise.

Além das orientações normativas quanto aos cuidados com o material coletado, a norma NBR 9898 guarda quanto ao planejamento da prática em laboratório e ao estabelecimento de itinerário, que teve grande importância para definição da data na qual seria realizada a coleta e os procedimentos, e a determinação do horário da coleta, para que a amostra tratada fosse destinada o quanto antes para o laboratório de análise da Empresa Aquanalous. Assim sendo, as amostras foram coletadas pela manhã, às 8 (oito) horas, uma parte do material foi direto para Aquanalous, para a investigação das condições in natura, e a outra parte do material seguiu para o Laboratório de química do UNI-RN, onde foram realizados os ensaios de tratamento da água com a casca do caranguejo.

Nos Anexos o quadro do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, mostrando as condições aceitáveis para a amostragem de água bruta, na investigação de metais pesados, Anexo A, discriminando o recipiente apropriado, preservação e prazo de validade da amostra, auxiliando para manter a integridade do material e confiabilidade dos resultados que se deseja obter.

Além disso, a NBR 9897-Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores- que foi orientativa para o planejamento do dia da coleta, através de inspeção no ponto onde ocorreriam as atividades. Sobre a escolha do ponto de coleta a norma diz:

Não existe uma regra geral para demarcação de pontos de amostragem. Os critérios para sua demarcação assumem uma feição estratégica ao depender do planejamento, do emprego do conhecimento e da realidade de campo, para detecção da vulnerabilidade de área para demarcação de pontos de amostragem. (NBR 9897, 1987)

Sabendo disso, e diante dos objetivos da pesquisa, o ponto selecionado foi o exato local onde ocorre a captação de água para ETA do Jiqui (Fig. 06).

Figura 06 – Coleta da amostra de água da Lagoa do Jiqui.



Fonte: Próprio autor (2019).

O volume das amostras foi pré-estabelecido pela Aqualous Laboratório, empresa que realizou a análise físico-química para água bruta e, água tratada nos seguintes parâmetros:

- Alumínio total;

- Alumínio solúvel;
- Ferro total;
- Ferro solúvel;

Para tanto, a quantidade mínima para análise desses parâmetros é 1,5 litro de água, somente para investigação das condições da água antes dos experimentos no laboratório do Centro Universitário do Rio Grande do Norte. Os processos de purificação que a amostra foi submetida no laboratório, promove perdas de material, deste modo, além da porção que foi direto para a Aquanalous, foram coletados 5 litros de amostra, totalizando 6 litros e 500 ml de amostra coletada. As amostras foram transportadas em caixa exotérmica (Fig. 07).

Figura 07 – Amostras armazenadas em caixa exotérmica para transporte.



Fonte: Próprio autor (2019).

4.5 MÉTODOS

Todo o processo de tratamento da água foi realizado no laboratório de química das instalações do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNIRN),

Dando início aos procedimentos de tratamento, foi separada 5 béquer com um litro de água em cada um, à eles foi adicionado 30ppm sulfato de alumínio, o coagulante, para formação dos flóculos de partículas coloidais em suspensão, comumente presente nas águas de rios lagos e lagoas, como é o caso da Lagoa do Jiqui; também foi adicionado 15ppm de cal, que tem a função de correção da alcalinidade da água caso ela não possua álcali suficiente para agir com o coagulante.

Essa composição heterogênea foi agitada rapidamente por 30 segundos utilizando um bastão de vidro, e posteriormente mais 30 segundos de forma mais lenta. Na sequência, a água ficou repousando por 24h, a fim de dar tempo a formação dos flóculos e, para que ocorresse a decantação das partículas que se aglutinaram pela intervenção dos agentes (coagulante e álcali). Essa água, que após a decantação está consideravelmente clarificada, foi transferida por um pepitador a um béquer, como ilustra a Figura 08.

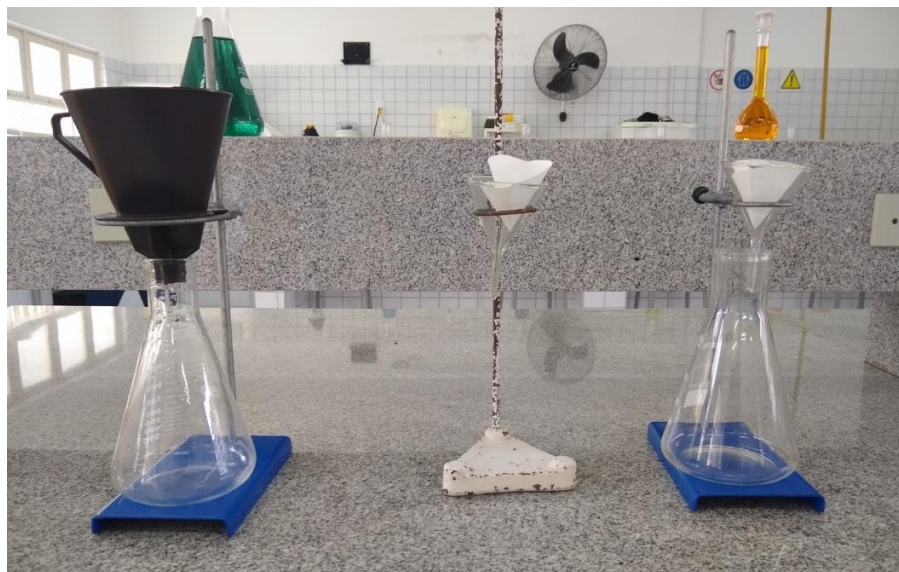
Figura 08 – Transferindo a água clarificada de um béquer a outro com o pepitador.



Fonte: Próprio autor (2018).

Dando prosseguimento, foi inserida à água clarificada, a quitosana proveniente dos vários processos de transformação física e química que a casca do caranguejo passou, desde a lavagem a desacetilação, para promover a adsorção dos metais pesados das amostras, ação essa denominada de bioadsorção, assim formaria um agrupamento desses contaminantes no fundo do recipiente em um período mínimo de 24 horas. Assim sendo, no dia seguinte ao ser transferido a um Erlenmeyer, passando por um filtro de papel, (Fig. 09), ficariam retidos todas as partículas sólidas de adsorvente quitosana e as substâncias inorgânicas, os metais pesados.

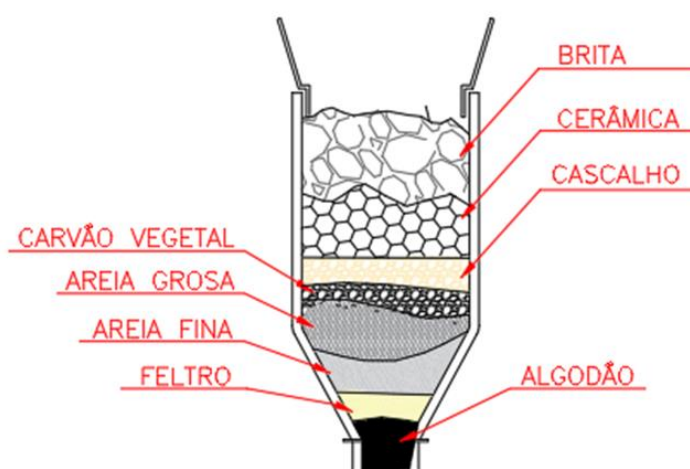
Figura 09 - Filtragem para retenção do adsorvente com os contaminantes.



Fonte: Próprio autor (2019).

No primeiro experimento, em 2018, após a remoção das substâncias inorgânicas, a água foi submetida a um processo de filtragem, por um filtro caseiro feito com garrafa pet, formado por oito camadas, seguindo a ordem, algodão, feltro, areia fina, areia grossa, carvão vegetal, cascalho, cerâmica e brita, conforme ilustra as Figuras 10. Essa etapa tem o objetivo de eliminar quaisquer possíveis partículas em suspensão ainda presentes, e que poderiam comprometer os resultados da pesquisa.

Figura 10 – Ilustração do filtro caseiro, desenho feito no AutoCAD.



Fonte: Próprio autor (2018).

Tendo concluído todos os processos, optou-se pela melhora da etapa de filtragem, para maior confiabilidade do resultado da pesquisa, fazendo a troca do filtro caseiro por uma vela de tripla ação, com camada de prata, parede microporosa e carvão ativado Figura 11, no qual foi utilizada no experimento final realizado em 2019, em que segue as prescrições de resultados no capítulo 6. A desinfecção da amostra ensaiada, foi efetuada com cloro, em proporção de 80ppm, e então destinada ao laboratório de química da Empresa de qualidade e e segurança em análise de água, Aquanálous, onde ocorreu a análise físico-química e toxicológica da amostra tratada.

Figura 11 – Vela tripla ação.



Fonte: Adaptado de Stéfani (2016).

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

A água é considerada um recurso ou bem econômico, porque é finita, vulnerável e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente (BORSOI; TORRES, 1997).

De acordo com RHODEN (2016), o aumento populacional, o uso exacerbado dos recursos naturais, práticas agrícolas inadequadas, descarte incorreto de contaminantes e efluentes e a grande produção de lixo, atrelado a elevada

porcentagem de cidades brasileiras que utilizam lixões para dispor seus resíduos, contribuíram sobremaneira para a contaminação da água superficial e subterrânea.

No Brasil, a escassez hídrica decorre da combinação entre o crescimento exagerado das demandas e da degradação da qualidade das águas, quadro esse que se deve, fundamentalmente, ao desordenado processo de urbanização, industrialização e expansão da agropecuária (RHODEN, 2016).

O processo de rápida urbanização impôs vários problemas para as cidades, entre os quais se inclui a disponibilidade de água para abastecimento humano em quantidade e qualidade adequadas (VASCONCELOS; KOIDE, 2009).

Este crescimento urbano tem sido caracterizado pela expansão irregular da periferia com pouco obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de loteamento, além da ocupação irregular de áreas públicas. [...]Um dos resultados desse processo de desenvolvimento urbano desordenado é o comprometimento da sustentabilidade hídrica das cidades onde essas áreas de desenvolvimento encontram-se sobre áreas de mananciais de abastecimento (TUCCI, 2007 apud OLIVEIRA, 2012, p. 4).

No momento em que diversas cidades brasileiras experimentam dificuldades em manter de forma estável e com qualidade o abastecimento de água de suas populações, o desenvolvimento de novos modelos de saneamento se impõe estrategicamente na busca de uma sociedade auto-sustentável (GONÇALVES, 2009).

No contexto atual, a preocupação de que as reservas de água doce não contaminadas no mundo estão ficando cada vez mais escassas, o por essa razão, acarretado um processo de mercantilização da água, que está deixando de ser um bem de uso comum e passando a um bem comerciável (SILVA, 2007).

Segundo engenheiros, técnicos e especialistas em saneamento, hoje qualquer água pode ser tratada e utilizada para consumo. O custo e a qualidade desse produto vão depender de quem pode investir para tratar e de quem pode pagar para consumir, o que resulta em na maioria desfavorecida (PEIXOTO, 2017).

5.2 USO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL

A água doce constitui apenas cerca de 3% do líquido disponível no planeta. Boa parte disso concentra-se nas geleiras e, secundariamente em grandes

profundidades, tornando sua captação economicamente dispendiosa (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010)

De acordo com a Agencia Nacional de Águas (ANA) e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), em 2009, desses 3% de água doce mundial, 12% encontra-se no Brasil, inclusos nele a Lagoa de Extremoz, o Aquífero Dunas/Barreira, e a Lagoa do Jiqui que é formada principalmente pela Bacia Hidrográfica do rio Pitimbu, todos mananciais que abastecem a capital do Rio Grande do Norte, Natal.

O rio Pitimbu tem sua nascente na localidade de Lagoa Seca, no município de Macaíba, e desemboca, a jusante da lagoa do Jiqui, no riacho Taborda, afluente de primeira ordem do rio Pirangi, já próximo ao litoral. Constitui-se, portanto, numa sub-bacia do rio Pirangi ou Pium. A Bacia do Pitimbu tem seu território abrangendo terras dos municípios de Macaíba, Parnamirim e Natal, estando posicionadas nestes dois últimos as áreas urbanizadas.

Convém salientar que desde a nascente até a entrada da lagoa do Jiqui, o rio Pitimbu estende-se por 33km. Nos 13km iniciais, constata-se que o rio corta áreas rurais pertencentes ao Município de Macaíba, principalmente. A partir daí, a proximidade com a periferia de Parnamirim e Natal, condiciona uma maior ocupação da bacia, verificando-se a presença de indústrias e de crescimento populacional em direção as suas margens.

Nesse trecho, determinam-se alguns pontos em que a intersecção do curso d'água com estradas vicinais, inclusive com as BR's 101 e 304, configuram-se em locais aos quais as populações circunvizinhas acorrem para utilizar-se de suas águas para os mais diversos fins (lavagem de roupas, recreação, banho de animais, entre outros).(SERHID/RN,2005).

De acordo com Oliveira (2003), diversos estudos já realizados na cidade de Natal abordando a temática relacionada à degradação dos recursos hídricos superficiais mostram o alto índice de impactos a que estas áreas estão submetidas. Todos os impactos verificados nesses ambientes são fruto de atividades antrópicas com geração de efluentes domésticos industriais e agrícolas com descarga de matéria orgânica e de resíduos químicos e de metais pesados.

Sena (2008), avaliou a qualidade da água do rio Pitimbu, uma das principais fontes de água doce que abastecem a cidade do Natal. Somado a isto, existe uma forte pressão de ocupação de suas margens em função do crescimento urbano,

tornando ainda mais crítica a situação. O autor reuniu diversas pesquisas entre 1993 e 2007 e fez uma avaliação das condições da qualidade da água do rio através de variáveis físico-químicas e biológicas. Os resultados mostraram alto teor de ferro nas águas subterrâneas, baixos valores de oxigênio dissolvido e alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte; realizou um estudo sobre a bacia do Pitimbu, chegando a algumas conclusões bastante significativas, das quais: nas águas o maior vetor impactante de aporte excessivo é o material orgânico oriundo do despejo de esgotos domésticos e efluentes industriais; verifica-se a lavagem por águas pluviais de trechos de sujeira urbana; a presença de currais e pocilgas em suas margens; a utilização do rio para recreação, lazer, lavagem de roupa e de veículos e a dessedentação e lavagem de gado e de animais de montaria. Também, verifica-se em alguns trechos, um processo localizado de eutrofização, “provocado pelo barramento do rio em combinação com o aporte de matéria orgânica antropogênica” (SERHID/RN,2005).

Verifica-se no curso inferior do rio um elevado teor de nitrato oriundo da maior urbanização pela proximidade dos bairros de Planalto e Pitimbu, em Natal, e o bairro de Nova Parnamirim, em Parnamirim. Em relação aos sedimentos de fundo, pode-se destacar o elevado “teor de metais pesados em pontos específicos do rio, provocado pela proximidade de rodovia, por obras civis (ponte, linha férrea, etc.) canalização do curso e instalações industriais”. Contudo, “por enquanto o rio Pitimbu apenas sofre com os efeitos das cargas impactantes típicas daquelas recebidas por rios que atravessam áreas rurais, industriais e urbanas, mas poderá em futuro próximo manifestar maiores consequências, caso os níveis atuais de poluição não sejam revertidos” (SERHID/RN,2005).

Embora a qualidade da água natural do aquífero livre seja considerada excelente, por possuir condições físico-químicas adequadas ao consumo humano, é desaconselhável o seu uso doméstico (consumo humano), devido à susceptibilidade desse aquífero à contaminação de suas águas, principalmente, por efluentes sanitários (sistemas individuais de fossas sépticas/sumidouros) e lagoas de captação de águas pluviais, que também recebem esgotos domésticos, dentre outros efluentes, in natura, ligados clandestinamente às galerias destinadas a coleta exclusiva de águas pluviais, que por causa da sub-superficialidade do lençol freático e suas características geológicas e pedológicas, poderá contaminar-se, originando-se em

ambientes de proliferação de microrganismos patogênicos, gerando riscos à população de contrair doenças através, sobretudo, da veiculação hídrica. (BORGES, 2002)

Cabral (2007) fez um diagnóstico das águas subterrâneas de bairros da zona sul de Natal a partir dos dados químicos de águas de poços da CAERN do período de 1999 a 2006, e concluiu que os poços desse setor da cidade vêm apresentando um processo crescente de contaminação por nitrato no decorrer dos anos. A Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do RN-FUNCERN (Rio Grande do Norte 2006) realizou o monitoramento da qualidade da água em 63 poços distribuídos na cidade de Natal durante o ano de 2006. De acordo com os resultados obtidos, as águas subterrâneas das zonas sul e norte da cidade apresentam teores médio de nitrato variando.

De acordo com SERHID/RN (2005) os recursos de água subterrânea da Bacia do rio Pitimbu estão representados essencialmente por formações sedimentares, aquífero Dunas/Barreiras que ocorre nas áreas 27 mais próximas ao litoral e o aquífero Barreiras, predominante nas regiões de alto e médio curso da bacia. O aquífero Dunas/Barreiras forma um sistema hidráulico único, composto por um aquífero livre, no qual as dunas exercem a função de transferência das águas de infiltração em direção aos estratos inferiores do Barreiras, que ocorre sotoposto ao aquífero Dunas. Localmente, pode apresentar semiconfinamentos e seu nível potenciométrico flutua com as variações sazonais.

Merece ressalva, no entanto, a crescente contaminação por nitrato das águas subterrâneas da Bacia do Pitimbu provocada pelo aporte de efluentes sanitários nas áreas urbanizadas aí existentes. Estudo desenvolvido por Melo, em meados de 2001, registrou teores elevados de nitrato na região de baixo curso do rio Pitimbu, nas imediações dos bairros Planalto, Cidade Satélite e Nova Parnamirim. A contaminação encontra-se diretamente associada ao avanço das áreas urbanizadas, sendo sua expansão facilitada pelo fluxo subterrâneo/hidrodinâmico do aquífero em direção ao mar e ao vale do rio Pitimbu.

O uso e ocupação do solo, segundo SENA (2008), são fatores determinantes na geração de poluentes. As águas resultantes de drenagem urbana, juntamente com os resíduos das atividades antrópicas, são carregadas para o curso do rio, que influenciam diretamente para o desequilíbrio ambiental da Bacia. As águas subterrâneas, por sua vez, podem ser afetadas pela disposição inadequada de

efluentes líquidos e sólidos no solo, que, conectados ao manancial superficial, comprometem a qualidade de suas águas.

5.3 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM NATAL

A Bacia Hidrográfica do Rio Pitimbu (BHRP) é uma sub-bacia da bacia hidrográfica do Pirangi, seu território abrange os municípios de Natal, Parnamirim e Macaíba nas seguintes proporções: Natal (10%), Parnamirim (43%) e Macaíba (47%), (OLIVEIRA, 2012).

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Natal é dividido administrativamente pela CAERN em 02 (dois) subsistemas distintos, separados fisicamente pelo rio Potengi, denominados Subsistema de Abastecimento Norte e Subsistema de Abastecimento Sul. O Subsistema de Abastecimento Norte compreende toda a Região da Zona Norte do município de Natal, incluindo as áreas conurbadas pertencentes aos municípios de São Gonçalo do Amarantes e Extremoz. O Subsistema Sul, por sua vez, compreende as Regiões Administrativas ou Zonas Sul, Leste e Oeste do município de Natal.

Para efeito de controle de arrecadação a Concessionária CAERN, subdivide o município em 04 (quatro) unidades de negócios denominadas Unidade de Receita Zona Leste (URZL), Unidade de Receita Zona Oeste (URZO) e Unidade de Receita Zona Sul (URZS), estando estas subordinadas à Gerência Regional Sul, pertencente ao organograma funcional da CAERN. A quarta unidade de negócios, denominada Unidade de Receita Natal Norte (URZN), é subordinada à Gerência da Regional Natal Norte, pertencente ao mesmo organograma.

Em relação à população atendida pelos subsistemas, aproximadamente dois terços da população do município de Natal é atendida pelo Subsistema Sul e um terço pelo Subsistema Norte.

Os Subsistemas de Abastecimento Norte e Sul do município de Natal são abastecidos por diversas fontes, sendo duas captações em manancial de superfície e diversas captações em manancial subterrâneo, ou seja, no Aquífero Dunas/Barreiras, através de poços tubulares profundos. (START, 2015).

Os referidos mananciais de superfície são a Lagoa de Extremoz, e a Lagoa do Jiqui. O Subsistema de Abastecimento Sul é responsável pelo fornecimento da água captada na Lagoa do Jiqui, que é dragada na Estação de Tratamento de Água do Jiqui. “A Lagoa do Jiqui é utilizada como manancial (de superfície) para abastecimento de água da Zona Sul de Natal, desde 1960 [...] localiza-se no município de Parnamirim, próximo ao limite com a zona sul de Natal, inserida no leito do rio Pitimbu” (START, 2015).

Além disso, o abastecimento de água à população das Zonas Sul, Leste e Oeste de Natal/RN é realizado através da exploração de poços tubulares,

aproximadamente 70% e pelo manancial da Lagoa do Jiqui, aproximadamente 30% (CAERN, 2018). Abaixo imagem da tomada de captação de água na ETA do Jiqui (Fig.12)

Figura 12 - Tomada da captação de água bruta na Lagoa do Jiqui.



Fonte: START, 2015.

Um sistema de abastecimento de água é composto pelas seguintes etapas: Captação – pode ser superficial (rio, riacho, lagoa, barragem ou açude) ou subterrânea (poços rasos ou profundos); Adução – consiste no transporte da água através de tubos ou canais; Tratamento – objetiva remover, eliminar ou diminuir impurezas de natureza física, química ou biológica; Reservação – é o armazenamento da água para garantir fornecimento contínuo; Distribuição – encaminhamento da água tratada até os imóveis, através de tubulações. (CAERN, 2018).

A ETA de Jiqui é do tipo filtração direta descendente, de ciclo incompleto, por lhe faltar as fases de floculação e decantação. Possui apenas os processos de coagulação química, filtração e desinfecção através de cloro. Esta unidade é responsável pelo tratamento da água que irá abastecer parte da Zona Sul de Natal e sua capacidade é de 2.000 m³/h de água tratada.

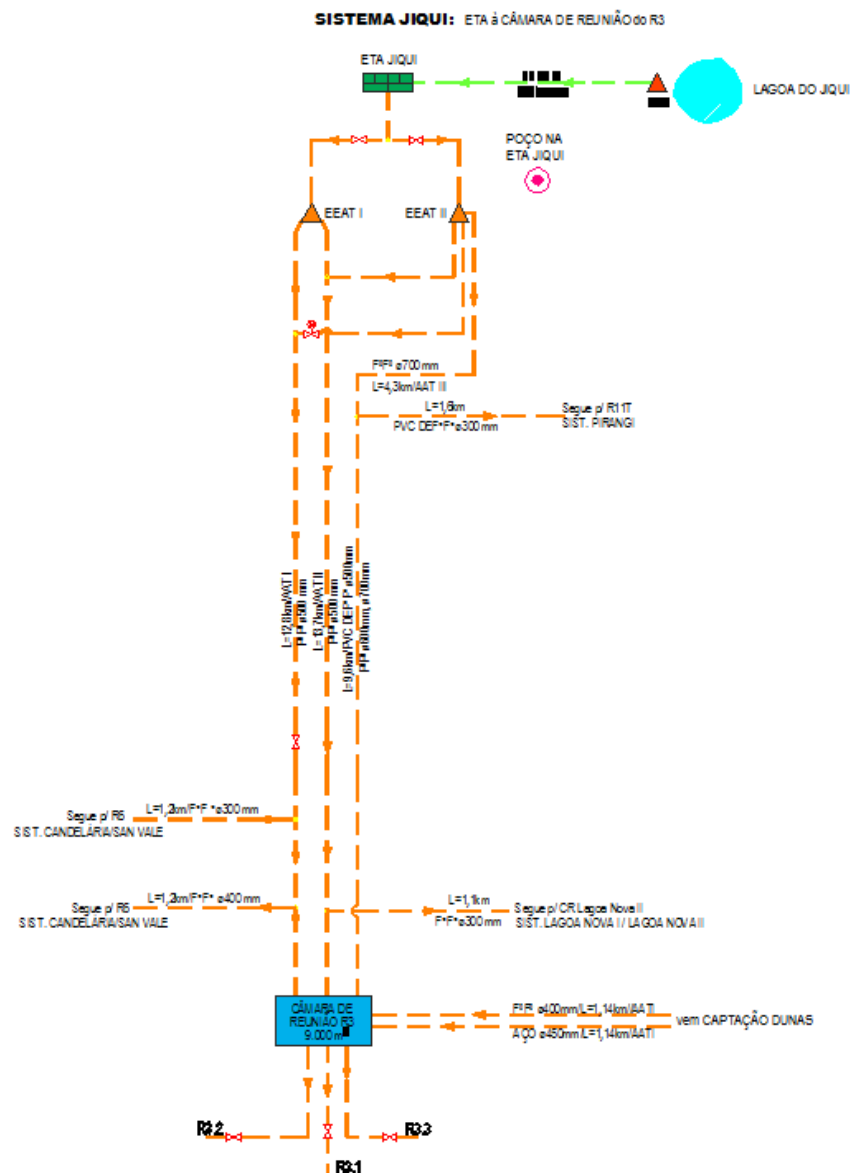
De acordo com START, (2015), todo o processo de tratamento da ETA do Jiqui consta das seguintes fases sequenciais:

- Dosagem de Policloreto de Alumínio e auxiliares de floculação na entrada da ETA;
- Mistura rápida;

- Filtração (04 filtros com 02 células cada);
- Aplicações de dosagens de Cloro e Cal em tanque de compensação (reservatório apoiado);
- Lavagens de filtros em contra corrente através de reservatório elevado.

A Figura 13 abaixo mostra um fluxograma de um dos Subsistemas de Abastecimento de Água administrados pela Regional Natal Sul, o Sistema Jiqui. Existem outros como o Sistema de Captação Dunas, Sistema Satélite/Planalto, Sistema Guararapes, entre outros, mas que não vem ao caso de a presente pesquisa aprofundar neles.

Figura 13 - Sistema Jiqui: ETA à Câmara de Reunião do R3



Fonte: CAERN, 2014 apoud START, 2015.

A água capitada para o Sistema Jiqui é classificada perante a Resolução CONAMA nº 357, como Água Doce de “classe 2: águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;” (CONAMA, 2005), com os valores limites de concentrações de substâncias inorgânicas de acordo com o exposto no Quadro 01.

Quadro 01 – Parâmetro máximo para concentração de metais pesados.

PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P

Fonte: Resolução CONAMA nº 357, 2005.

A água para ser dita tratada deve atender fundamentalmente à alguns aspectos importantes tais como: higiênico, estético e econômico, passando por crivos e telas para retirada dos elementos grosseiras, coagulação e filtração lenta e rápida, e desinfecção, onde é esperado que cada etapa contribua para adequar as concentrações de todas as substâncias em condições aceitáveis para o ser humano (GARCEZ, 1976).

Os metais pesados (alguns dos materiais inorgânicos listados no Quadro 01) constituem contaminantes químicos nas águas, pois mesmo em pequenas

concentrações trazem efeitos adversos à saúde. Desta forma, podem inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito caros (LUZ, 2011)

Tendo conhecimento disso, torna-se preocupante que mesmo com tantas fases de tratamento, “As concentrações de Ferro ($1,08 \text{ mg.L}^{-1}$), Alumínio ($0,6 \text{ mg.L}^{-1}$) e Fósforo ($0,05 \text{ mg.L}^{-1}$) presentes na água, encontram-se fora dos padrões estabelecidos para água de consumo” (OLIVEIRA, 2012)

O processo mais eficiente para a remoção de metais pesados é o que se baseia no fenômeno de troca iônica, empregando-se resinas catiônicas em sua forma primitiva de hidrogênio ou na forma sódica. Este processo permite uma remoção percentual bastante significativa dos metais presentes na água, viabilizando seu uso para finalidades industriais específicas e permitindo também o reuso de efluentes industriais (LUZ, 2011)

De acordo com Isabella Leandro Soares Pereira, Chefe da Unidade de Tratamento de Água Natal Sul, no momento atual, a situação mais preocupante referente a presença de metais pesados na Lagoa do Jiqui, fonte hídrica da Regional Sul, é o excesso de ferro nos períodos de chuva que tendem a se elevar. A medida tomada pela CAERN para correção se trata da oxidação do ferro com o cloro gás. Depois da oxidação o precipitado fica retido nos filtros. A dificuldade é o pH para precipitar o metal adicionando o cloro gás que tem característica ácida.

5.4 CASCA DE CARANGUEJO COMO FONTE DE ADSORVENTE

Já existem outros meios de se retirar metais pesados de meio aquoso, “adsorventes alternativos vêm sendo utilizados atualmente na purificação de águas. Materiais sem importância comercial, que seriam normalmente descartados podem ser utilizados como matéria-prima eficiente na remoção de metais pesados em meio aquoso” (PORPINO, 2009). Tais como, crustáceos e parede celulares de fungos.

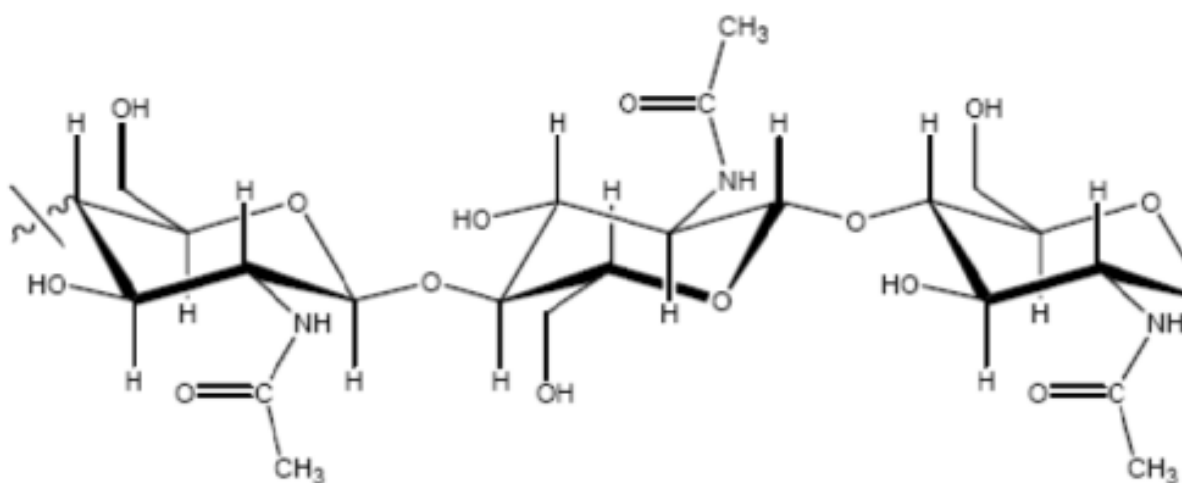
Entre os crustáceos, se destaca a utilização do caranguejo, por ser ele, entre os demais, que possui a maior proporção do biopolímero (quitina), responsável por adsorver os metais pesados, na faixa de 15-20%, enquanto o segundo mais rico em quitina seria o camarão com 5-7%, segundo FELIPE et al.,(2017).

Por adsorção entende-se com um termo utilizado em geral, para identificar o fenômeno físico ou químico que ocorre quando há diferença de concentração entre os componentes presentes no seio da fase fluida, que será chamado de adsorvido, e os compostos em um sólido poroso, que recebe o nome de adsorvente, de acordo com MACHADO et al. (2015).

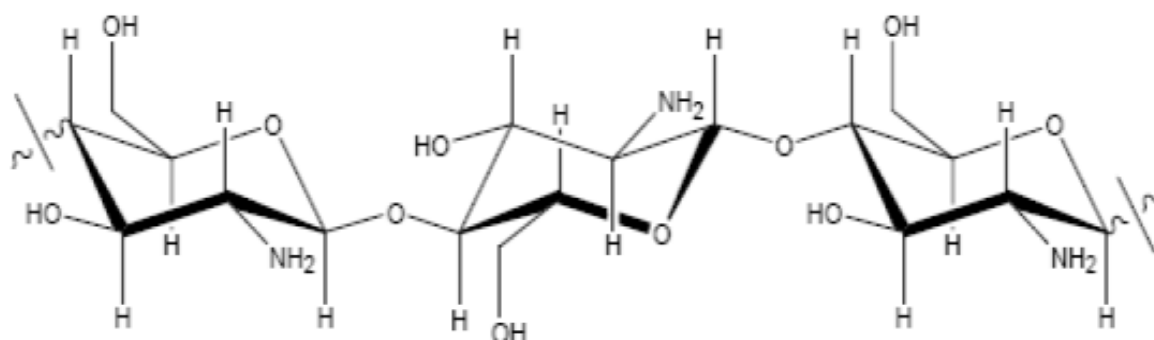
Devido a quantidade considerável de quitina, “além da utilização da carne de caranguejo na alimentação humana, pesquisas vêm sendo desenvolvidas visando o aproveitamento de seus subprodutos (a carapaça ou casquinho), como material adsorvente de poluentes de águas. Por ser um material de baixo custo pode se tornar um bioadsorvente alternativo, economicamente viável. A casca de caranguejo é um material altamente resistente, constituído principalmente por Carbonato de Cálcio e quitina associada à proteína e sais minerais” (VIJAYARAGHAVAN et al., 2005 apud PORPINO, 2009, p. 16).

Mas, para ser aplicado, a quitina Fig 14 precisa se transformar em quitosana Fig 15. A quitosana é um copolímero (TAKURA et al, 2002 apud LIMA, 2010, p. 5), normalmente obtida pela desacetilação alcalina da quitina (GUIBAL et al, 2007 apud LIMA, 2010, p. 5). A quitina é o polissacarídeo mais abundante na natureza, depois da celulose, sendo o principal componente de exoesqueletos de crustáceos, insetos e parede celular de fungos (KRAJEWSKA et al, 2005 apud LIMA, 2010, p. 6).

Figura 14 - Estrutura química do polissacarídeo quitina.



Fonte: ANDRADE; LADCHUMANANANDASIVAM; NACIMENTO, 2010.

Figura 15 - Estrutura química do copolímero quitosana.

Fonte: ANDRADE; LADCHUMANANANDASIVAM; NACIMENTO, 2010.

A quitina forma a estrutura esquelética de invertebrados, como por exemplo, as carapaças de caranguejos, siris e cascas de camarões. Calcula-se que mais de um milhão de toneladas deste material é produzido mundialmente por ano, principalmente por animais marinhos, que possuem uma vida curta, e uma enorme capacidade de reprodução. Nos países menos desenvolvidos, esses resíduos não são aproveitados, acarretando problemas de poluição (COELHO, 2006 apud PORPINO, 2009, p. 16).

Dentre os principais produtos de comercialização da pesca, estão os crustáceos (Tab. 1), com expressiva produção a nível mundial e nacional (Tabela 1) (FAO Fisheries and Aquaculture Department). Esses últimos, quando industrializados (não comercializado in natura) podem gerar um volume de resíduos correspondente a 70% do seu peso fresco[...] (FELIPE et al., 2017).

Tabela 01 – Produção de crustáceos mundial e brasileira em 2013.

Crustáceo Espécie	Produção ¹	
	Mundial (t)	Brasileira (t)
Camarão	7.873.996	102.263
Lagosta	290.267	6.726
Caranguejo	1.896.872	10.916
Outros	3.168.336	6.329
Total	13.229.472	126.234

Fonte: FELIPE et al., 2017 apud FAO (Fisheries and Aquaculture Department). Dados referentes ao ano de 2013.

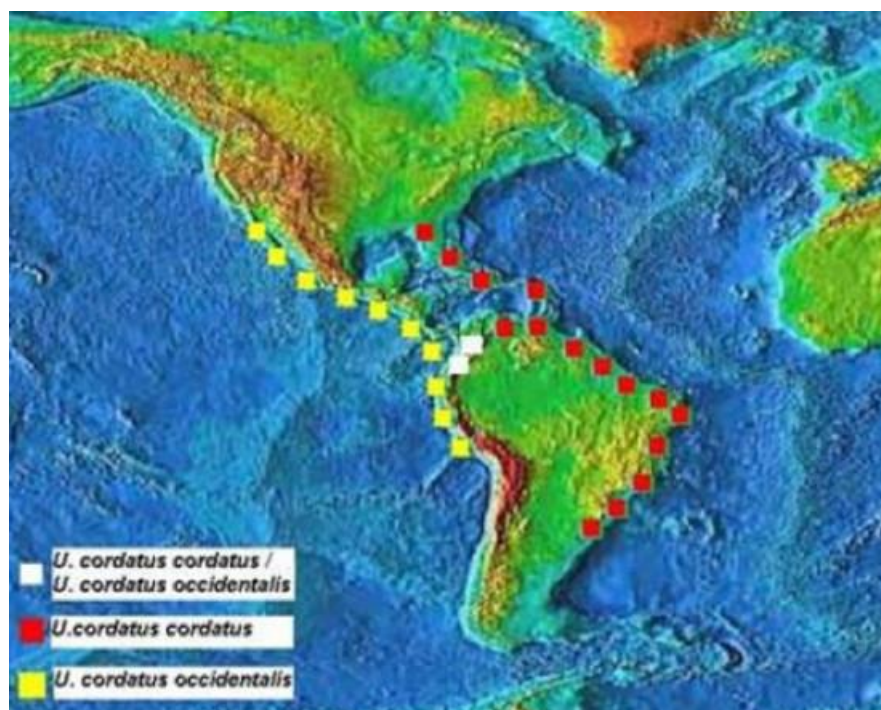
Esse volume de resíduos contribui para poluição visual e proliferação de animais e insetos indesejáveis nos locais onde o material orgânico é descartado, desde as praias aos lixões.

A carapaça do caranguejo da espécie *Ucides Cordatus*, “popularmente conhecido no Brasil como caranguejo-uçá” (BRANCO, 1993 apud PORPINO, 2009), foi utilizada em pesquisas de adsorção de metais pesados, principalmente o Ferro (II) e o Cobre, através da extração a quitina presente em suas cascas, devido a sua abundância em toda a costa brasileira como mostra a imagem a seguir, com os pontos vermelhos no mapa (Fig.14).

A Caracterização Sistemática do Caranguejo *Ucides cordatus* (CASTILHO, 2006 apud PORPINO, 2009), é de Filo Arthropoda; Classe Crustácea; Ordem Decapoda; Infraordem Brachyura; Família Ocypodidae; Gênero *Ucides*; Espécie *Ucides cordatus*, de acordo com Castilho(2006).

Ocorre no Atlântico ocidental: Fláorida, Golfo do México, Antilhas, Norte da América do sul, Guianas e Brasil (do Amapá até Santa Catarina), Fig 16 (BRANCO, 1993 apud PORPINO, 2009).

Figura 16 - Mapa com a distribuição das subespécies do gênero *Ucides*.



Fonte: PORPINO, 2009 adaptado de Diele (2000).

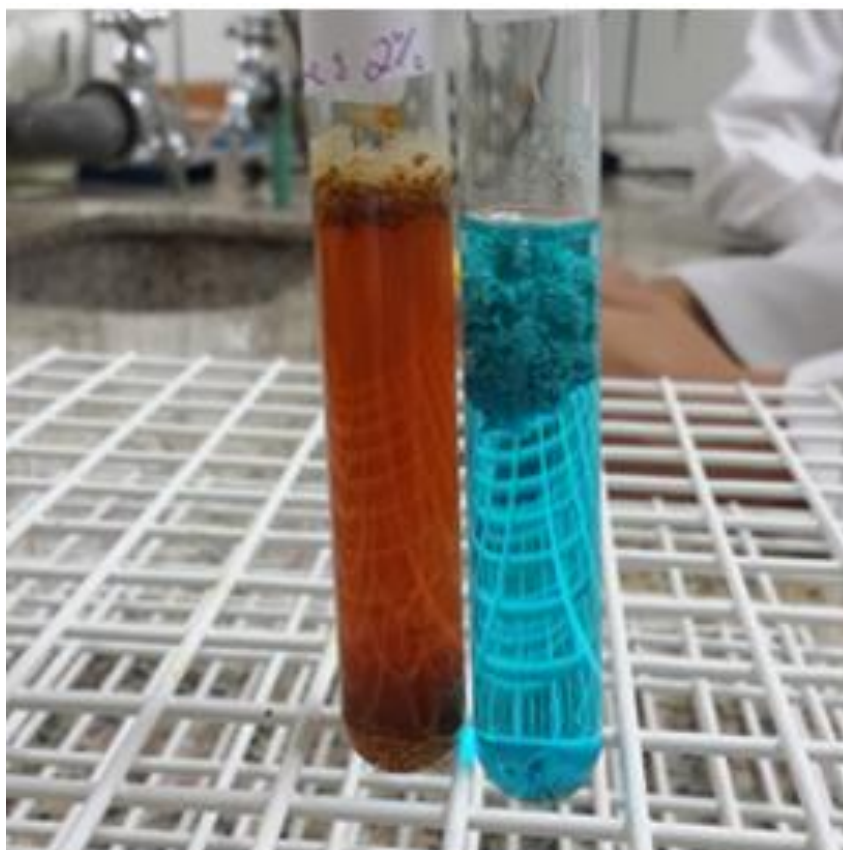
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados três experimentos nos quais os resultados se mostram abaixo com os comentários.

6.1 EXPERIMENTO TESTE

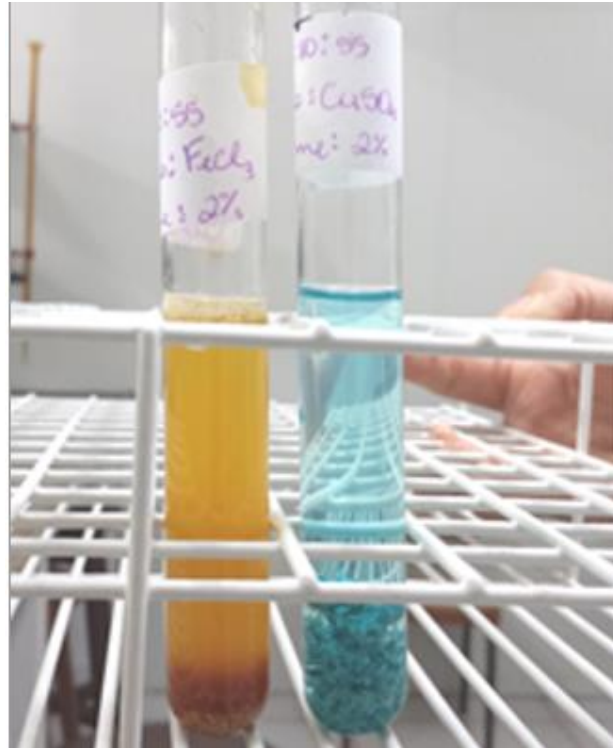
Antes de qualquer laboração com água bruta extraída da Lagoa do Jiqui, utilizou-se água de torneira com adição de Cloreto de Ferro (III) (FeCl_3), em um tubo de ensaio, em outro tubo de ensaio utilizou-se água de torneira com adição de Sulfato de Cobre (CuSO_4). Em cada um deles foi inserido uma certa quantidade de quitosana extraída da casca do caranguejo *Ucides Cordatus*. Abaixo segue as imagens que mostram os elementos estudados assim que a quitosana foi inserida Fig. 17, e após 12 horas e Fig. 18, após 24 de processo de adsorção Fig 19.

Figura 17 – Solução laranja com FeCl_3 , e solução azul com CuSO_4 .



Fonte: Próprio autor, (2018).

Figura 18 – FeCl_3 e CuSO_4 50% adsorvido, 12h processo de adsorção.



Fonte: Próprio autor, (2018).

Figura 19 – Resultado do processo de adsorção após 24h.



Fonte: Próprio autor, (2018).

Nesse primeiro estudo o resultado foi totalmente visual. Observando as três figuras, a perda de tonalidade das soluções representa claramente a separação, ou, descontaminação da água por metais pesados, que aparenta ter sofrido apenas uma decantação, mas na realidade o que houve foi a adsorção dos metais adicionados pela quitosana.

No momento em que a quitosana foi inserida, as soluções apresentavam uma densidade elevada devido a presença do Cloreto de Ferro (III), e do Sulfito de Cobre, deste modo o material adsorvente mantém-se sobrenadante. A partir do momento que os metais começam a ser adsorvidos, processo em que um sólido de origem biológica retém metais pesados em meio aquoso, essa união se torna mais densa que a água, e então se acomoda no fundo do tubo de ensaio, aparentando ter ocorrido uma decantação, quando na verdade houve uma troca de densidade do meio aquoso para o adsorvente biológico sólido.

Contudo, o experimento teste atingiu o objetivo, reduzindo consideravelmente os teores de Cloreto de Ferro (III), e Sulfito de Cobre, podendo assim prosseguir com o tratamento de amostras do manancial de superfície, da Regional de Abastecimento de Água Sul, Lagoa do Jiqui.

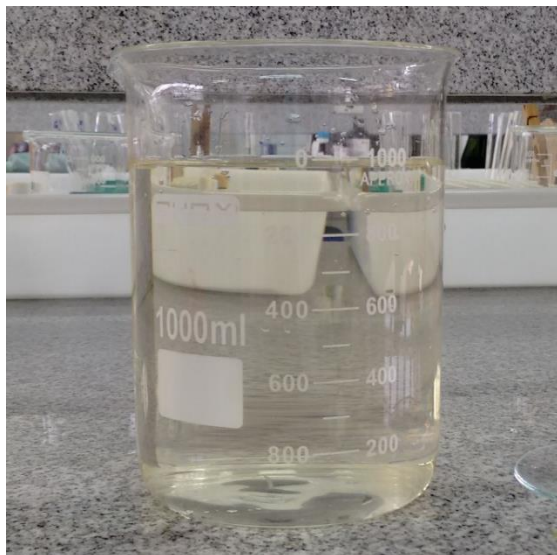
6.2 EXPERIMENTO COM ÁGUA DA LAGOA DO JIQUI

Após a constatação dos processos para a obtenção da quitosana e, da separação dos metais pesados da água, realizou-se o primeiro experimento com água coletada na Lagoa do Jiqui. Para esse momento foi utilizado 3 litros de amostra, que devido as perdas do em cada etapa, não gerou um volume suficiente de amostra tratada para a realização de uma análise físico-química.

Apesar dos processos de clarificação e adsorção terem reduzido consideravelmente a turbidez da amostra, conforme elucida as Figura 20 e 21, a filtragem com filtro caseiro (o filtro está representado na Figura 09 do capítulo 4), não trouxe o resultado esperado, pois a amostra estava regressando à coloração inicial. Ainda que o objeto principal não seja a garantia de uma baixa turbidez, a pesquisa se trata de um processo de purificação da água, portanto o ideal seria proporcionar uma metodologia com progressão positiva na clarificação das amostras analisadas conforme as etapas de tratamento fossem avançando. Deste modo, inviabilizou a

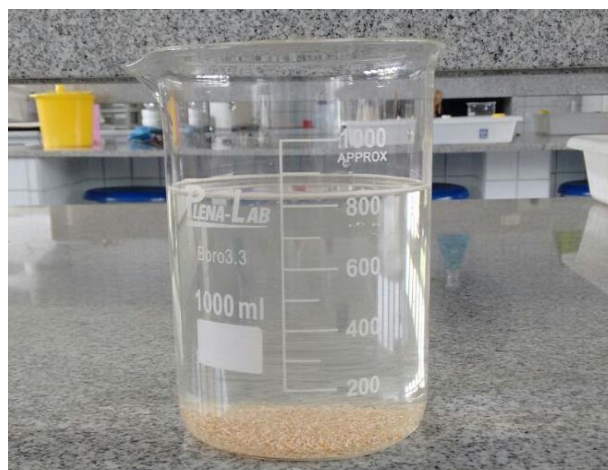
utilização desse tipo de filtro no processo de tratamento proposto na pesquisa, acarretando uma adaptação nessa fase do experimento na prática seguinte, visando a confiabilidade dos resultados da pesquisa.

Figura 20 – Água da Lagoa do Jiqui antes de inserir o adsorvente.



Fonte: Próprio autor, (2018).

Figura 21 – Água da Lagoa do Jiqui após inserção do adsorvente.



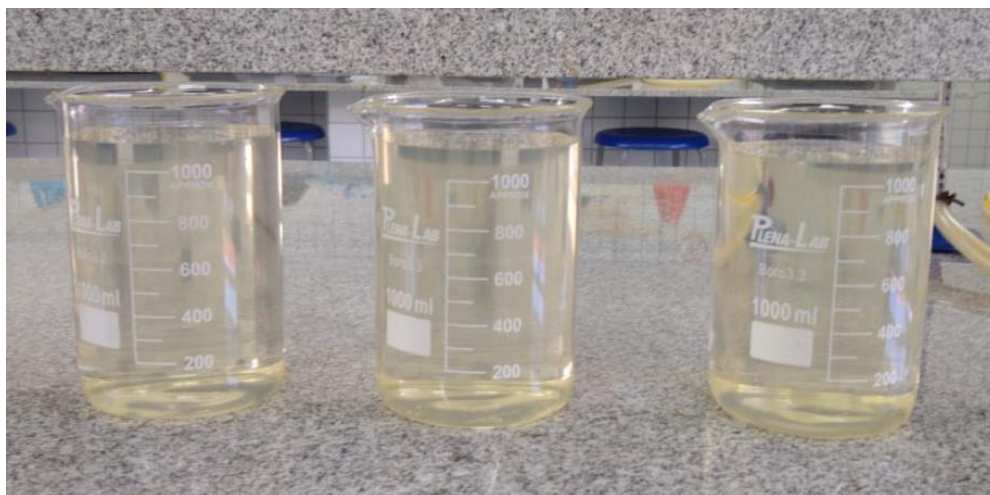
Fonte: Próprio autor, (2018).

6.3 TERCEIRO EXPERIMENTO

Na última prática de tratamento da água, onde no procedimento final de filtragem, houve a substituição do filtro caseiro por um filtro tripla ação, teve resultados mais satisfatório em relação a turbidez.

A Figura 22 mostra três dos cinco béqueres de 1 litro, separados para a floculação com sulfato de alumínio. Em seguida, a Figura 23 compara a coloração da água bruta com a água tratada no erlenmeyer após a floculação, adsorção e filtração das amostras, já límpida.

Figura 22 – Amostras separadas para a fase de floculação, ensaio final.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Figura 23 – Removendo quitosana com metais pesados da amostra.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Durante as etapas, houve muitas perdas de amostra de água, o material coletado gerou exatamente a quantia necessária para a realização da análise físico-química, para os parâmetros de ferro, fósforo e alumínio. Nesse caso, a verificação das concentrações de alumínio se fez necessária devido a escolha do coagulante sulfato de alumínio $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$.

O Quadro 02 a seguir apresenta os resultados dos parâmetros investigados nas amostras e, traz os valores limites de concentrações dos contaminantes segundo Resolução CONAMA N°357/2005.

Quadro 02 – Resultado das análises físico-químicas da água bruta.

PARÂMETROS ANALISADOS	LIMITE DE DETECÇÃO	CONAMA N° 357/2005	LAGOA JIQUI ÁGUA BRUTA
Ferro solúvel mg/l	0,01	0,3	0,06
Ferro total mg/l	0,01	N.D.	0,08
Alumínio solúvel mg/l	0,01	0,1	0,1
Alumínio total mg/l	0,01	N.D.	0,52

Fonte: Adaptado de AQUANALOUS (2019).

De acordo com o que expõe o quadro, dos quatro parâmetros analisados, nenhum apresenta teor elevado, portanto estão dentro dos padrões admissíveis ou não possuem critério de referência, como é o caso do ferro total e do alumínio total. Mesmo assim, a metodologia de tratamento com quitosana foi capaz de reduzir ainda mais as concentrações de Ferro, tendo adsorvido mais de 83% em ferro solúvel, mais 87,5% em ferro total, ambos com valores abaixo de 0,01mg/l. conforme mostra o Quadro 03.

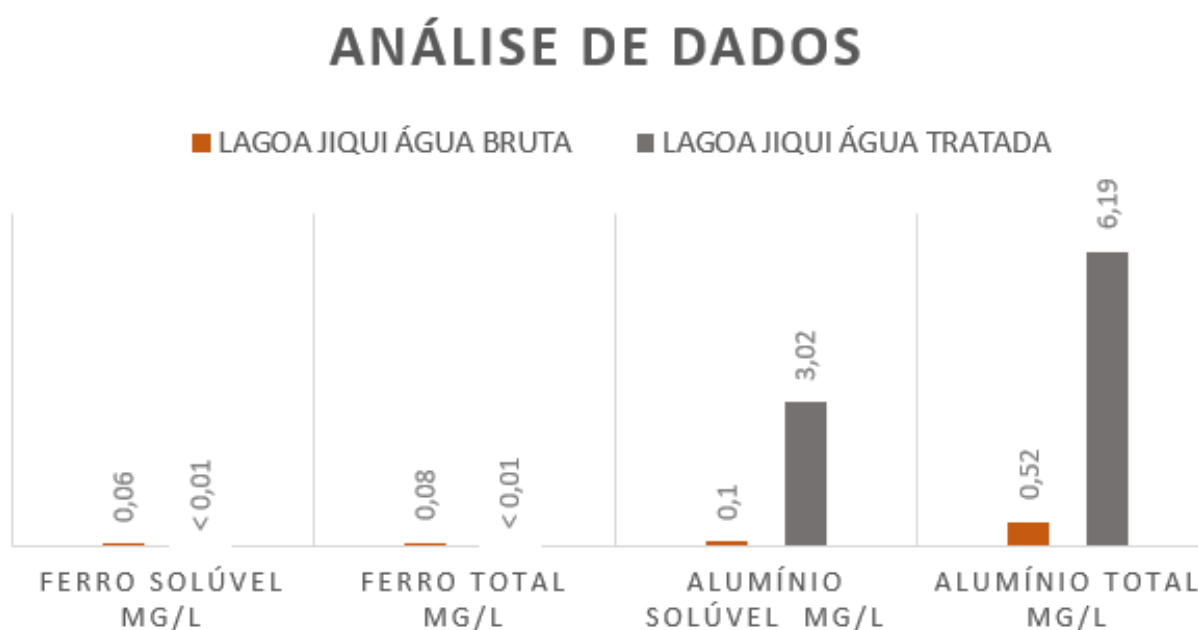
Quadro 03 – Resultado das análises da água bruta e água tratada.

PARÂMETROS ANALISADOS	LAGOA JIQUI ÁGUA BRUTA	LAGOA JIQUI ÁGUA TRATADA
Ferro solúvel mg/l	0,06	< 0,01
Ferro total mg/l	0,08	< 0,01
Alumínio solúvel mg/l	0,1	3,02
Alumínio total mg/l	0,52	6,19

Fonte: Adaptado de AQUANALOUS (2019).

Já para o Alumínio, houve uma elevação de 3,01mg/l para solúvel, e 5,67mg/l em alumínio total. Esse fenômeno indesejado ocorreu devido ao coagulante utilizado para a floculação ser rico em alumínio e, portanto, contribuiu para a condição desfavorável de um elevado de teor de alumínio na água tratada.

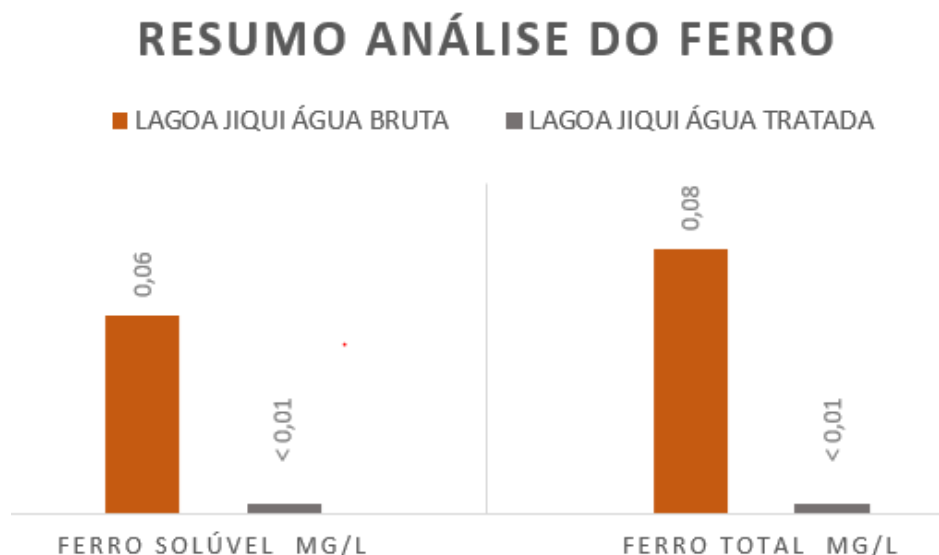
Abaixo, o Gráfico 01 ressalta o quão excessivo foi o aumento do alumínio da água bruta para a água tratada. Mediante a esses dados, a utilização de um outro coagulante poderia ter guiado à números mais satisfatórios.

Gráfico 01 – Comparativo dos resultados da água bruta, e da água tratada.

Fonte: Próprio autor, (2019).

O Gráfico 02 é um resumo do Gráfico 01, ele traz informações apenas referentes ao ferro solúvel e ao ferro total. Nessa apresentação dos dados, é possível observar mais claramente os resultados positivos que o experimento alcançou na adsorção de metais pesados. Assim evidencia uma perda expressiva para o ferro.

Gráfico 02 – Comparativo dos resultados positivos.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Abaixo, no Quadro 04, a relação do resultado da água tratada com o padrão de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5

Quadro 04 – Dados água tratada em comparação ao Anexo XX Portaria de Consolidação nº5.

PARÂMETROS ANALISADOS	LIMITE DE DETECÇÃO	Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 2017	LAGOA JIQUI ÁGUA TRATADA
Ferro solúvel mg/l	0,01	0,3	< 0,01
Ferro total mg/l	0,01	N.D.	< 0,01
Alumínio solúvel mg/l	0,01	0,2	3,02
Alumínio total mg/l	0,01	N.D.	6,19

Fonte: Adaptado de AQUANALOUS (2019).

A elevação da concentração do alumínio solúvel após o tratamento chegou à 15 vezes mais o que o limita Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5 para o padrão de potabilidade, tendo somente o ferro, mais uma vez, atingido a qualidade necessária para água potável.

7 CONCLUSÃO

Esse projeto de pesquisa busca trazer uma nova visão, atrás de meios inovadores e econômicos de melhorar a qualidade de vida da população com alternativas que abrangem os três pilares da sustentabilidade, social, econômico e ambiental, para solucionar os problemas relacionados com o crescimento populacional, e os efeitos que isso traz para os recursos disponíveis no planeta.

Inicialmente, foi possível uma caracterização da Lagoa do Jiqui acerca da presença dos metais pesados, ferro (Fe) e alumínio (Al), no qual se mostrou estar perfeitamente dentro dos limites aceitos pela Resolução CONAMA nº357.

Quanto a utilização da quitosana proveniente da casca do caranguejo Ucides Cordastus, os resultados provam a eficiência em sua aplicação para redução das concentrações principalmente para o ferro, tendo conseguido remover mais de 80% da concentração.

Durante todos os experimentos, algumas melhorias foram necessárias até o alcance dos resultados finais. Ainda assim, há muitas adequações, como a não utilização de um coagulante, a fim de focar o ensaio apenas no procedimento de adsorção, para a obtenção de resultados mais conclusivos da metodologia de remoção de metais pesados na eficiência em relação ao parâmetro do alumínio solúvel e total. Além disso, a idealização de um sistema contínuo, no qual a água passe por todos os procedimentos sem a intervenção humana (adsorção e filtração), para reduzir as perdas das amostras, pois dependendo da perda também poderia inviabilizar a utilização dessa metodologia.

Apesar disso, deve-se, por conseguinte, salientar a importância sustentável e viabilidade deste projeto, no aproveitamento de um material que hoje é descartado, sendo empregado em processos de tratamento de água contra metais pesados para um benefício social, e portanto dar um aprofundamento maior na pesquisa, sanando as intercorrências que surgiram durante as práticas para a melhorar a qualidade dos

resultados e entender cada vez mais o potencial ressaltando e até sua aplicação em outras áreas.

Por todos os aspectos apresentados, os problemas abordados, é notória a relevância, e a grande demanda que o meio ambiente e a saúde humana, tem para com a continuidade dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). **Fatos e Tendências: água**. Brasília: ANA; CEBDS, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

BORGES, Aldan Nobrega. **Implicações ambientais na bacia hidrográfica do rio Pitimbu (RN) decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2002

BORSOI, Zilda Maria Ferrão; TORRES, Solange Domingo Alencar. A Política de Recursos Hídricos no Brasil. **Revista do Bndes**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p.143-166, dez. 1997. Semestral.

BRASIL. Ministério da Saúde. Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Anexo XX da Portaria de Consolidação nº. 5, de 03 de outubro de 2017.

CABRAL, Natalina Maria Tinoco. **Avaliação do comportamento do Aquífero Dunas/Barreiras frente aos processos de recarga e de contaminação em perímetro urbano de Natal/RN. Relatório Técnico de Pós-doutorado**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e Científico/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007. 150p.

Caranguejo Uçá. Em: Objetos Educacionais. Disponível em:<<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/20515/caranguejo.html?sequence=52>> [Acesso em 29 de setembro de 2018]

CARVALHO, Anésio Rodrigues de; OLIVEIRA, Mariá Vendramini Castrignano de. **Princípios Básicos do Saneamento do Meio**. 10. ed. São Paulo: Sebac, 2010. 400 p.

CASTILHO, G. G., **Aspectos Reprodutivos do Caranguejo – Uçá, *Ucides cordatus* (Crustácea, Brachyera, Ocypodidae), na Baía de Antonina, Paraná**. Curso de Pós – Graduação em Ciências Veterinárias, UFPA, 2006. Dissertação de Mestrado, 102p.

COELHO, Thalia Camila. **Estudos de Adsorção de Cobre (II) em Microesferas de Quitosana Reticuladas com Epicloridrina e Impregnadas com Heparina**. 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RIO GRANDE DO NORTE. **Relatório Anual 2018: Qualidade da Água**. Natal, 2018.

Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (6.:2010: Campina Grande). Extração e Caracterização de Quitina e Quitosana e a sua Utilização na Fabricação de Nanofibras. **Anais do VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**. Campina Grande: 2010.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA); CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. **Ética: Código de Ética Profissional da Engenharia, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e Meteorologia**. 9. ed. Brasília: CONFEA/CREA, 2014.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Resolução n. 357**, de 18 de março de 2005.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Resolução n. 344**, de 07 de maio de 2004.

Contaminação da Água Metais Pesados. Em: SciELO. SciELO, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.org/article/csp/2001.v17n3/651-660/pt/>>[Acesso em 27 de março de 2018].

FELIPE, Lorena O. et al. Quitosana: da Química Básica à Bioengenharia. **Química Nova**, São Paulo, v. 39, n. 4, p.312-320, nov. 2017.

FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, Liz Maria de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p.651-660, jun. 2001. Bimestral.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1976. 346 p.

GOYER, R. A., 1986. Toxic effects of metals. In: Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons (L. J. Casarett, C. D. Klaassen, K. Klaassen & J. Watkins, ed.), pp. 582-635, New York: Macmillan Publishing Company.

LIMA, Elaine Cristina Nogueira Lopes de. **Quitosana Modificada Quimicamente Através de Cloretos Orgânicos e o uso como Fonte em Remoção Catiônica**. 2010. 152f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

LUZ, Luiz Augusto Rodrigues da. **QSMS Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde**. Rio de Janeiro: Clube de Autores, 2011. 345 p.

MACHADO, Carla Renês de Alencar et al. Avaliação da adsorção de Fenol e Bisfenol A em carvão ativados comerciais de diferentes matrizes carbonáceas. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 4, p.915-927, out. 2015. Bimestral. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=2&script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000400915&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 24 nov. 2018.

MELO, J. G. de. **Impacto do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/ RN**. 196f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MORAES, Danielle Serra de Lima; JORDÃO, Berenice Quinzani. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos a saúde humana. **Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p.370-374, 8 mar. 2002.

NATAL. Prefeitura Municipal do Natal/RN. Secretaria Municipal de Habitação, Regularização Fundiária e Projetos Estruturantes. Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Natal/RN. Natal: SEHARPE, 2015. 159p.

OLIVEIRA, Andrea Saraiva de. **Uso e ocupação do solo e a concentração de metais pesados no sedimento e na água do rio Pitimbu**. 2012. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

PEREIRA, I. L. S. Questionário Natália UNI RN. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <tavares.nataliaaragao@outlook.com>. Em 19 nov. 2018.

OLIVEIRA, Frederico Fonseca Galvão de. **Caracterização e Diagnóstico de Impactos Ambientais em Natal/RN com Apoio de Geoprocessamento**. 207 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), UFRN, Natal, 2003.

PEIXOTO, Marco. **Tratamento e Estratégias dão Segurança à Água**. Bio, São Paulo, v. 84, n. 1, p.5-9, jul. 2017. Trimestral.

PERL, D. P. & GOOD, P. F., 1988. Aluminum, environmental and central nervous system disease. Environmental Technology Letters, 9:901-906.

PORPINO, Karina Karla Pacheco. **Biossorção de ferro (ii) por casca de caranguejo *Ucides Cordatus***. 2009. 93f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

RHODEN, Anderson Clayton et al. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA E DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos: Centro Universitário FAI, Itapiranga, n. 1, p.1-11, 2016

SECRETÁRIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS – SERHID/RN. **Elaboração do plano de gestão integrada na bacia do Rio Pitimbu**. R7 – Relatório Final. Consórcio VBA/Tecnosolo. Outubro de 2005.

SENA, D. S. de. **Avaliação da qualidade da água do Rio Pitimbu-RN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal. 2008.

SILVA, Beniza Maria Figueira Thomaz da. **Contaminação de Recursos Hídricos por Agrotóxicos no Brasil**. In: YOSHIDA, Consuelo Yatsuda Moromizato. **Recursos Hídricos: Aspectos Éticos, Jurídicos, Econômicos e Socioambientais**. Campinas: Alínea, 2007. Cap. 5, p. 103.

START PESQUISA E CONSULTORIA TÉCNICA LTDA. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE NATAL/RN: PRODUTO 02 - DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO SANEAMENTO: Subproduto 2.3 - Situação dos Serviços de Abastecimento de Água Potável e de Esgotamento Sanitário**. Natal: START, 2015.

VASCONCELOS, José G.; KOIDE, Sergio. **Metodologia para Otimização da Amostragem de Qualidade de Água em Redes de Distribuição**. Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p.5-15, nov. 2009. Trimestral.

Vela tripla ação. Em Stéfani, 2018. Disponível em: < <https://loja.ceramicastefani.com.br/velas/esterilizante/kits/elemento-filtrante-esterilizante/>> [Acesso em 24 de setembro de 2018]

APÊNDICE A – IMAGENS ADICIONAIS DA PRÁTICA

Figura 01 – Cascas de caranguejo escovadas e lavadas com água corrente.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Figura 02– Trituração das cascas no gral ágata.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Figura 03 – Desmineralização do pó da casca do caranguejo com ácido clorídrico.



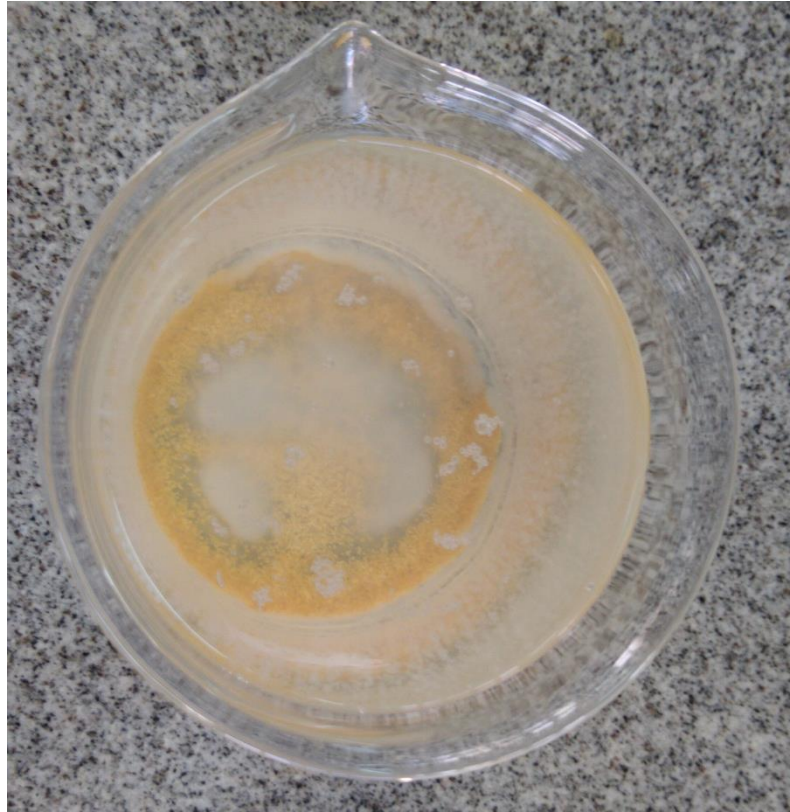
Fonte: Próprio autor, (2019).

Figura 04 – Quitosana.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Figura 05 – Película formada no fundo do béquer após adsorção dos metais pesados.



Fonte: Próprio autor, (2019).

Figura 06 –Caixa isotérmica utilizada para transporte das amostras.



Fonte: Próprio autor, (2019).

ANEXO A – GUIA NACIONAL DE COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS

Quadro 01 – Critério para amostragem de água bruta.

Tabela A.1. Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos inorgânicos - Água e Sedimento (continuação)						
Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Cor, Turbidez	A, B	P, V	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	48h
Cromo hexavalente	A, B, C	PLE, V LE	250mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	24h
Eh (em campo)	B, C, D	-	-	-	-	Ensaio imediato
Granulometria	D	PP (700mL)	700g (aproximadamente)	Não requerida	Temperatura ambiente Manter ao abrigo da luz	6 meses
Metais (exceto cromo hexavalente), Semimetais e Dureza	A, B, C	PLE, V LE	250mL	Adicionar HNO ₃ 1+1 até pH <2	Refrigeração a 4°C ± 2°C	Metais, Arsênio, Selênio, Antimônio e Dureza - 6 meses Boro e Mercúrio - 28 dias
				Resfriamento (em gelo)		
Metais e semimetais	D	P, PLE (500 mL)	250g (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	6 meses
Metais dissolvidos (solúveis)	A, B, C	PLE, V LE	100mL	(3) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	6 meses
Ortofosfato	A, B, C	P, V	250mL	(4) Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	48 h

Fonte: Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, (2011).

ANEXO B – RESULTADO DAS ANÁLISES DAS AMOSTRA DE ÁGUA



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 1353/2019		
DADOS DO CLIENTE		
Solicitante: <i>Natalia Aragão</i>		Município: <i>Pamamirim- RN</i>
DADOS DA AMOSTRA		
Origem: <i>Lagoa Jiqui- Captação (semi-tratamento)</i>	Data de entrada: <i>29/04/2019</i>	Coleta: <i>Aquanalous Laboratório</i>

RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P ⁽¹⁾	Lagoa Jiqui- Captação (semi-tratamento)
FÍSICO-QUÍMICA			
Ferro Solúvel, mg/l	0,01	0,30	0,06
Ferro Total, mg/l	0,01	N.D	0,08
Fósforo Total, mg/l	0,01	0,02	0,11
Alumínio Solúvel, mg/l	0,01	0,10	0,10
Alumínio Total, mg/l	0,01	N.D	0,52
(1) De acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005, Artigo 14 classe I. (ND) Valores não determinados pela lei vigente do País			


 Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira
 CRBio -5 N°11.157
 Resp° Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29
 Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN
 Fone: 84 3217.8386contato@aquanalous.com.br



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO Nº 1354/2019		
DADOS DO CLIENTE		
Solicitante: Natalia Aragão		Município: Pamamirim- RN
DADOS DA AMOSTRA		
Origem: Lagoa Jiqui- Tratada	Data de entrada: 29/04/2019	Coleta: O Cliente

RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARAMETROS	Limite de Detecção	V.MP ⁽¹⁾	Lagoa Jiqui- Tratada
FÍSICO-QUÍMICA			
Ferro Solúvel, mg/l	0,01	0,30	< 0,01
Ferro Total, mg/l	0,01	N.D	< 0,01
Fósforo Total, mg/l	0,01	0,02	0,09
Alumínio Solúvel, mg/l	0,01	0,10	3,02
Alumínio Total, mg/l	0,01	N.D	6,19
(1) De acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005, Artigo 14 classe I.			
(ND) Valores não determinados pela lei vigente do País			


 Dília Bezerra Fernandes de Oliveira
 CRBio -5 N°11.157
 Resp° Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29
 Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN
 Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

