

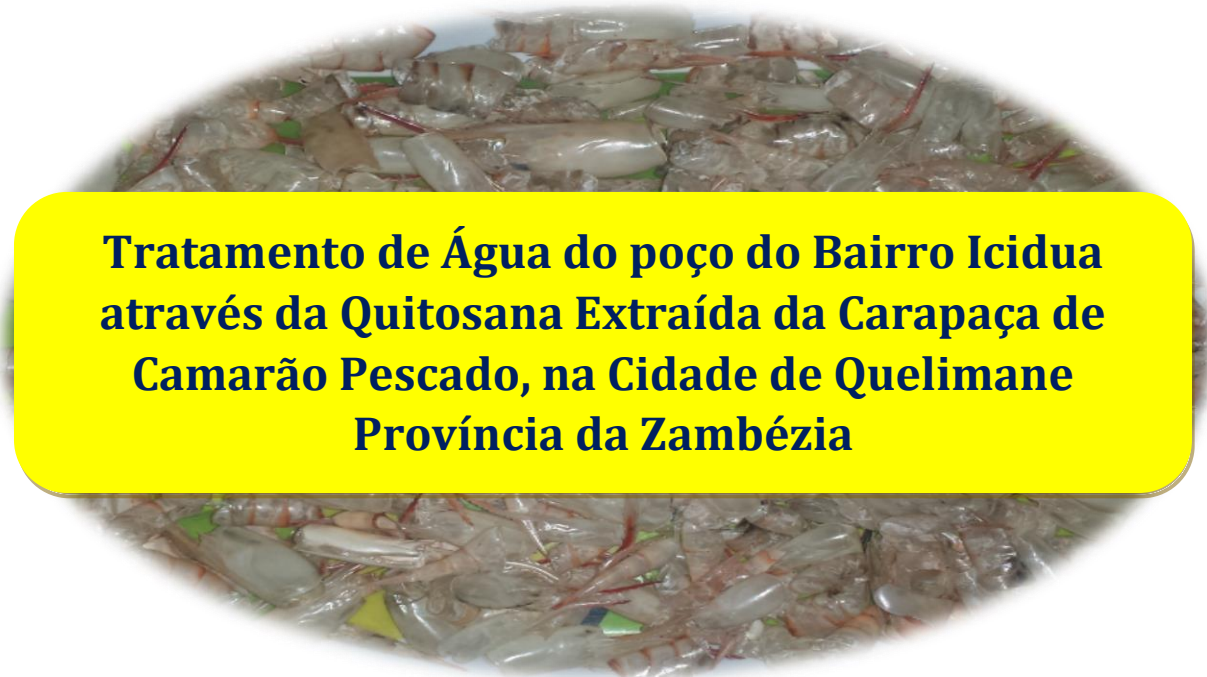


UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Curso de Licenciatura em Química Marinha

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Química Marinha



**Tratamento de Água do poço do Bairro Icidua
através da Quitosana Extraída da Carapaça de
Camarão Pescado, na Cidade de Quelimane
Província da Zambézia**

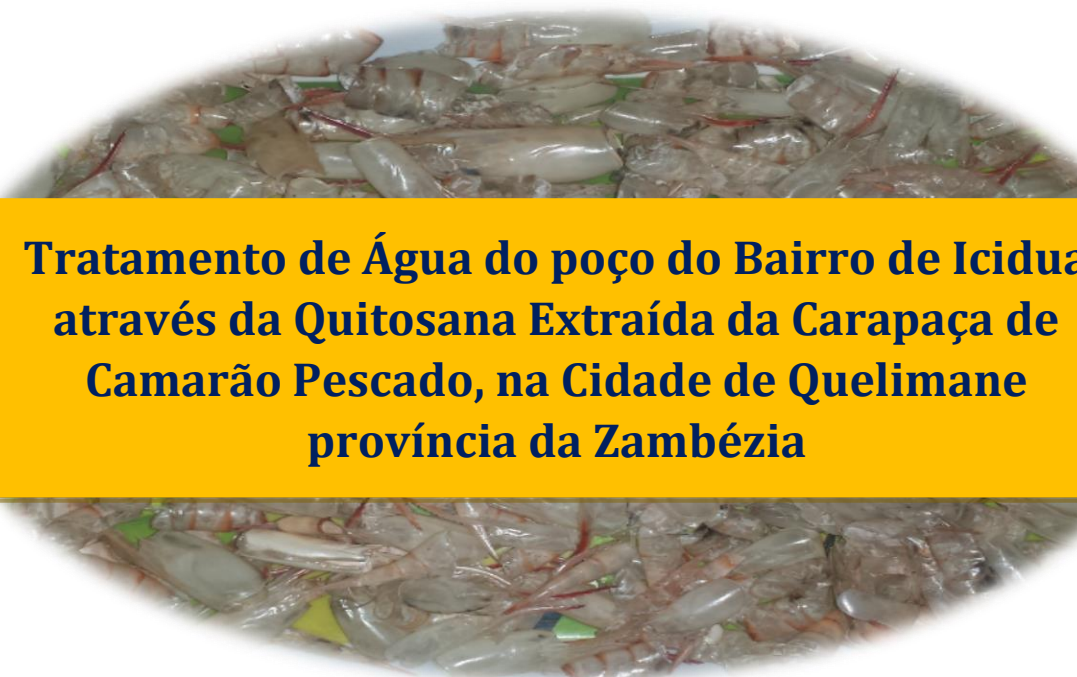
Autor: Nelson Amos Issa



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Curso de Licenciatura em Química Marinha

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Química Marinha



**Tratamento de Água do poço do Bairro de Icidua
através da Quitosana Extraída da Carapaça de
Camarão Pescado, na Cidade de Quelimane
província da Zambézia**

Autor

Nelson Amos Issa

Supervisor

Lúcio José Tomás Jasse

Quelimane, Setembro de 2019

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Amós Issa e Elisa Aidene, pela educação investida e prestada por mim e pelo incentivo e carinho nas horas de desespero.

Aos meus irmãos, tios pela dedicação e apoio prestado durante meu curso universitário que culmina com o presente trabalho.

Agradecimentos

A Deus por iluminar a minha vida e por estar ao meu lado em todos os momentos e por me ajudar a alcançar os meus objectivos.

A minha família por todo apoio e preocupação nos momentos bons assim como tempos difíceis, pelo amor e carinho infinito. Aos meus pais e irmãos (João, Patrício, Odete, Nayra, Yuken), por investirem e acreditarem em mim e na minha formação. Aos meus tios, primos, sobrinhos pela compreensão das minhas ausências e por todo carinho oferecido.

Ao dr Lúcio Jasse, meu supervisor pelas críticas construtivas e valiosas dicas para elaboração do trabalho científico.

Ao Venâncio de Moura Mote, Matias Coutinho, pela amizade, pela ajuda direta e indirectamente na pesquisa, pelo coleguismo e acompanhamento em todos os momentos do curso.

Aos técnicos do laboratório da ESCMC Nazarete Marcelino Victor e José Virgílio Augusto, pela disponibilidade do laboratório e acompanhamento na realização de ensaios sobre a extracção, presença e na instrução de uso de equipamentos laboratoriais.

A empresa FIPAG, em especial ao colega Ricardo Deka e a equipe do laboratório pelo apoio.

Aos colegas do curso pela oportunidade de conviver com pessoas com formações, trajectórias e histórias de vida tão distintas, mas por que partilhar muitos sonhos e anseios, acabaram se fazendo tão amigos em um determinado curto tempo.

Declaração de honra

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que constitui o resultado do meu labor individual. Esta monografia é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de Licenciatura em Química Marinha, da Universidade Eduardo Mondlane.

Quelimane, Setembro de 2019.

Nelson Amós

Resumo

Foi realizado o presente estudo sobre Processo de Obtenção de quitosana a partir das Carapaças de Camarão Oriundo da Pesca Artesanal, com a finalidade de tratamento da água proveniente do poço do bairro Icidua. O estudo foi conduzido num período de 5 meses compreendido entre Junho a Outubro de 2018. Uma quantidade de 1kg de amostras de carapaças de camarão foi colectada no restaurante chapo-chapo na cidade de quelimane, e fez-se a extracção da quitosana e analise o tratamento de água no laboratório de Química e Biologia na ESCMC. As carapaças de camarão foram lavadas e postas a secar durante 48h ao ar livre, de seguida foram trituradas no pilão e prosseguiram os processos Desmineralização, Desproteinação, Despimentação, Desacetilação, com a finalidade de remover o grupo acetil (-COCH₃) das funções acetamida (-NHCOCH₃) presentes no polímero quitina, onde obteve a própria quitosana com uma quantidade de 30g. A água de estudo foi colhida no bairro de Icidua no poço caseiro com uma quantidade de 1L, conservada numa garrafa pvc, a mesma foi levada e feita a primeira análise no laboratório da FIPAG onde apresentou os seguintes parâmetros nomeadamente pH 7.55, turvação 11.72, alcalinidade 15, ferro total 1, nitritos 0.016, nitratos 7.4, cloro 49.63, coliformes fecais 5 respectivamente, fez-se o tratamento da mesma, com a mesma quantidade de 1L de água, foram adicionadas 5mL de quitosana em líquido e de seguida foi mantida em repouso durante 24h e posterior a filtração. E por ultimo a análise de água tendo baixando os parâmetros para os seguintes valores de pH 7, turvação 5, alcalinidade 10, ferro total 0.3, nitritos 0.003, nitratos 6, cloro 0.5, coliformes fecais 0. A quitosana mostrou ser melhor no tratamento da água, tornando limpa, sem odor e potável.

Palavras-chave: Extracção da quitosana, tratamento da água.

Lista de símbolos, nomenclaturas e abreviações.

pH	Potencial de Hidrogénio
NO ₃ ⁻	Nitrato
NO ₂ ⁻	Iões Nitrito
OMS	Organização Mundial de Saúde
mg/L	Miligramas por litros
FIPAG	Fundo de Investimento e Património de Água.
NaOH	Hidróxido de Sódio
HCl	Ácido Clorídrico
C ₂ H ₅ OH	Etanol
mL	Mililitro
NaClO	Hipoclorito de Sódio
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
°C	Grau celsius
g	Gramas
%	Porcentagem
UNT	Unidade de Nefelométrico de Turvação
Na ₂ CO ₃	Carbonato de Sódio
NaHCO ₃	Bicarbonato de Sódio
KOH	Hidróxido de Potássio
K ₂ CO ₃	Carbonato de Potássio
Ca(OH) ₂	Hidróxido de Cálcio
Na ₂ HSO ₄	Hidrogenossulfato de Sódio
Ca ₃ (PO ₄) ₂	Fosfato de Cálcio
Na ₂ S	Sulfurito de Sódio
CH ₃ COOH	Ácido Etanóico
HCOOH	Ácido Metanoico
KMnO ₄	Permanganato de Potássio
SO ₂	Dióxido de enxofre

NaHSO_3	Bissulfito de Sódio
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Tiosulfato de Sódio
H_2O_2	Peroxido de Hidrogénio
$-\text{COCH}_3-$	Acetila (Grupo acetil)
NH_3^+	Catião de amónia (Aminoprotonado)
$-\text{NHCOCH}_3-$	Acetamido (Grupo acetamido)
$-\text{NH}_2-$	Radical amina (Grupo amina)
HNO_3	Ácido nítrico
H_2SO_3	Ácido Sulfuroso

Índice de figuras

Figura1:Estrutura química da quitosana. Fonte: (Antonino et al., 2007).....	6
Figura2: Mecanismo de floculação de partículas usando a quitosana (Monteiro et al, 2009)	8
Figura 3:Localização geográfica da área de estudo (Google Earth 2018).	9
Figura 4:Representação esquemática do cefalotórax e carapaça de camarão. Fonte: (Antonino, 2007). ..	11
Figura 5:Processo de obtenção da quitosana. Fonte: Antonino (2007).....	12
Figura 6:balança e Agitador magnético.	14
Figura7:As diferentes fases e sua respectiva instrumentação que foram usadas em processo diferentes na obtenção da quitosana ao longo do trabalho.	14
Figura 8: A quitosana obtido no trabalho.....	15
Figura 9: Água bruta.	15
Figura 10: Sistema de filtração da água	17

Índice de tabelas

Tabela 1:Reagentes & Equipamento	10
Tabela2: Dose da quitosana aplicada para água de estudo.	16
Tabela 3: Caracterização dos parâmetros da água do poço do bairro dos pescadores.....	21
Tabela4: Comparação dos parâmetros da água tratada com quitosana e com parâmetros recomendados pela organização mundial da saúde.....	22
Table5: A eficiência da quitosana na remoção da turvação e coliformes totais.	24
Tabela 6: A eficiência da quitosana na remoção de alcalinidade e ferro total.....	25
Tabela 7: A eficiência da quitosana na remoção de nitratos, nitritos e cloro	25

Índice

Dedicatória.....	I
Agradecimentos	II
Declaração de honra.....	III
Resumo	IV
Lista de símbolos, nomenclaturas e abreviações.....	V
Índice de figuras	VII
Índice de tabelas	VII
CAPITULO I.....	1
1.1.Introdução.....	1
1.1.1.Problematização	2
1.1.2.Justificativa.....	2
1.2.Objectivos.....	3
1.2.1.Geral	3
1.2.2.Específicos	3
CAPITULO II	4
2.REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1.Descoberta da quitosana.....	4
2.2.Formas de obtenção da quitosana.....	5
2.3.Características físico-químicas da quitosana.....	6
2.4.Uso da quitosana como coagulante	7
2.5.Fases de tratamento de água utilizando com a quitosana.....	7
2.5.1.Coagulação	7
2.5.2.Floculação	7
2.5.3.Decantação	8
2.5.4.Filtração.....	8
CAPITULO III	9
3.METODOLOGIA	9
3.1.Área do estudo (Localização).....	9
3.2.Material e os Reagentes.....	10
3.3.Obtenção e preparo da matéria prima-prima.....	11
3.3.1.Amostragem	11

3.3.2.Lavagem e moagem das cascas de camarão.....	11
3.4.Procedimento de obtenção da quitosana	12
3.5.1.Água de estudo.....	15
3.5.2.Coagulantes	15
3.5.3. Filtração em papel de filtro para a produção de água.	16
3.6.Analise dos parâmetros.	17
3.6.1.A análise de parâmetros físicos e químicos.....	17
3.6.1.1.pH.....	17
3.6.1.2.Turvação.....	17
3.6.1.3.Ferro Total.....	18
3.6.1.4.Alcalinidade	18
3.6.1.5.Determinação de (NO ₂ ⁻ e NO ₃ ⁻).....	18
3.6.1.6.Análise de coliformes totais, fecais e e.colis (Método de Petrifilm.).....	19
3.6. Eficiência da quitosana na purificação da água	19
CAPÍTULO IV	21
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.	21
4.1.Resultados.	21
4.1.1.Caracterização da qualidade de água usado na experiencia antes do tratamento.....	21
4.1.2.Comparação da água tratada com a quitosana e com os parâmetros da OMS.	22
4.2.Discussão.....	23
4.2.1.Correlação dos dados obtidos com outros trabalhos realizados.	23
4.2.2.Eficiência da quitosana no tratamento de água.	24
4.2.3.Vantagens e Desvantagens do uso da Quitosana no tratamento de água.	26
Capitulo V	27
5.CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.	27
5.1.CONCLUSÃO.	27
5.2.RECOMENDAÇÕES	27
6.REFERRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
7. ANEXO.....	33

CAPITULO I

1.1.Introdução

O acesso de água em quantidade e qualidade é garantido pelo Diploma Ministerial nº 180/2004, do Boletim da República que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos em Moçambique, que visa aumentar o abastecimento de água nas zonas rurais e urbanas para a satisfação das necessidades básicas da população, impõe-se a tomada de medidas para que a água disponibilizada, tenha uma qualidade aceitável para o consumo humano, o que irá contribuir para a redução das doenças associadas, entretanto a realidade de alguns moçambicanos não constitui verdade com essa informação porque outras populações carecem de água potável.

A água poluída pode ser recuperada e reusada para fins benéficos em diversas formas. Os processos usados para tratamento de água para o consumo humano podem variar em função de critérios estéticos, económicos e higiénicos estabelecidos pela estação de tratamento de água, mantendo em segurança e satisfação para o consumidor. Os polímeros têm sido usados como auxiliares em tratamento de água desde o início da década 50, principalmente na coagulação e floculação, onde notou-se maior vantagem no uso destes polímeros auxiliares foi o desenvolvimento de flocos mais resistentes a forças de cisalhamento.

Os diferentes polímeros naturais testados como auxiliares nos processos coagulação, floculação, e filtração apresentam além de melhorar a qualidade de água tratada, tem também benefícios para o meio ambiente e para a saúde dos consumidores, por meio da redução de uso de coagulantes metálicos que estarão em menores concentrações na água tratada que serão ingeridas.

Dentre os diversos polímeros naturais usados como auxiliares em tratamento de água para abastecimento, o mais utilizado é o amido. Como fonte de alternativa aos polímeros sintéticos, é possível utilizar polímeros naturais, que apresentam menor custo e não representa riscos à saúde humana. Assim, vários coagulantes alternativos estão sendo estudados, dentre eles esta a quitosana.

Em estudo realizado por Capelete (2011), ficou comprovado a eficiência da utilização da quitosana como auxiliar de coagulação juntamente com sulfato de alumínio.

1.1.1.Problematização

Com o aumento da população mundial, o nível da procura da água aumenta cada vez mais. Segundo Who (2002) A cada ano à mais quantidade inadequada de água, a falta de saneamento e higiene causa a morte aproximadamente a 1,7 milhões de pessoas em todo mundo, onde as doenças transmitidas pela água estão entre as principais causas de morte de crianças com idade abaixo de 5 anos.

Em Moçambique apenas 28% da população tem acesso a água potável. A maior parte da população, recorre a água dos poços, rios e lagos naturais, estando deste modo, sujeitos a diversas doenças. A água do poço constitui a fonte mais usada pela maioria das pessoas, principalmente nas zonas rurais, muitas vezes encontra-se contaminada, pois o principal vector são os seres humanos e animais que urinam e defecam em algum momento depositam dejectos sólidos e líquidos. No bairro de Icidua, quase algumas famílias recorre a água dos poços para o consumo e geralmente usa-se sem passar um processo de tratamento causando doenças diarreicas.

1.1.2.Justificativa

A escolha deste tema baseou-se pelo facto de ser uma tecnologia alternativo que enquadra-se numa das formas de aproveitamento integral dos produtos de pesca. O uso da carapaça de crustáceos para extracção da quitosana vai permitir a sua aplicação na purificação de águas e tratamento de algumas enfermidades como câncer, cicatrização de ferimentos, eliminação de gorduras, remoção de proteínas dos alimentos que podem gerar alergias.

A água do poço constitui fonte de fácil acesso a comunidade, daí vem a necessidade de melhoramento de qualidade da mesma água proveniente do poço. Com este trabalho pretende-se implementar um método de tratamento da água com um coagulante natural para o consumo humano, com intuito de minimizar o consumo da água contaminada. O uso da quitosana esta ao nível da comunidade, visto que é de baixo custo e de fácil acesso.

1.2.Objectivos

1.2.1.Geral

Tratar água do poço do bairro Icidua através da quitosana extraída da carapaça de camarão pescado e avaliar a eficiência do coagulante.

1.2.2.Específicos

- ✓ Extrair a quitosana;
- ✓ Caracterizar a qualidade da água do poço antes do tratamento;
- ✓ Analisar a eficiência da quitosana no tratamento da água;
- ✓ Comparar a eficiência da quitosana com os padrões da OMS.

CAPITULO II

2.REVISÃO DA LITERATURA

2.1.Descoberta da quitosana

O termo quitina é derivado da palavra grega “khitón”, que significa carapaça ou caixa de revestimento dos crustáceos. Esse significado justifica-se pelo fato de que a quitina apresentar função estrutural na natureza porque constitui a parede celular dos fungos, a carapaça dos crustáceos e o exosqueleto dos artrópodes oferecendo revestimento e protecção para estes organismos (Santos, 2004). Uma substância descoberta por volta de 1811, por um professor francês Henri Braconnot, durante um trabalho de fungos, por sua vez denominado fungina (Santos, 2004). No seu trabalho o francês afirma que esses microrganismos continham uma nova substancia, que em sua opinião era completamente diferente a que era encontrada na madeira (Knorr, 1991).

Durante muitos anos, houve muitas discussões se o material encontrado em fungos se poderia ser considerado um novo material porque o material apresentava mesma semelhança com a estrutura celulose. Por volta de 1823, o material foi denominado quitina pelo pesquisador Odier que isolou a este polissacarídeo de insectos. Depois de não detectar o nitrogénio na composição, Odier relatou pela primeira vez a semelhança entre as substâncias suportes que estão presente nos insectos e nos tecidos vegetais. De seguida Odier observou a presença da quitina na carapaça de caranguejo e sugeriu que a quitina seria o material básico na formação de exosqueleto de todos insectos e possivelmente dos aracnídeos. Entretanto, em 1843 Payen detectou a presença de quitina (Roberts, 1992).

Em 1823 os pesquisadores Odier e Children, relataram que isolaram a quitina através de múltiplos tratamentos com soluções de hidróxido de potássio concentrado. Entretanto foi isolada a quitosana ao invés de quitina, uma vez a quitina em meio alcalino concentrado pode sofrer desacetilação. A quitosana foi descrita pela primeira vez por Rouget em 1859. Esta denominação foi proposta por Hoppe-Sayle porque a quitosana possui uma quantidade de nitrogénio igual a quitina original (Roberts, 1992).

Depois da celulose, a quitina é considerada como um bio polímero mais abundante e distribuído na natureza, que esta presente como elemento estrutural em animais invertebrados, em algas

diatomáceas, nos artrópodes e na parede celular de fungos das classes Ascomycetos, Basidiomycetos, Deuteromycetos, e principalmente Zigomicetes, ordem Mucorales (Stamford Et Al., 2008). Lulas, caranguejos, camarões, lagostas e ostras apresentam em sua constituição 10 a 15 % de peso seco de quitina, já fungos da ordem Mucorales possuem na constituição da sua parede celular, além da quitina, o derivado desacetilado deste biopolímero denominado quitosana (22 a 44 %) (Andrade et al., 2003).

2.2. Formas de obtenção da quitosana

As principais fontes para a obtenção da quitina em laboratório são os exosqueletos de vários crustáceos, como caranguejos, lagostas e camarões. A quitina esta fortemente associada com proteínas, material inorgânico, pigmentos e lípidos, vários métodos são usadas para a remoção dessas impurezas e ainda não existe um processo padrão para a remoção das substancias (Soares, 2013). Para isso a quitina pode ser isolada das seguintes etapas:

- I. Desproteínização;*
- II. Desmineralização;*
- III. Despigmentação;*

Para a eliminação das proteínas, é empregado a desproteínização, neste processo pode ser usado um grande numero de solventes, tais como soluções aquosas de NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃, KOH, K₂CO₃, Ca(OH)₂, Na₂SO₃, NaHSO₄, CaHSO₃, Na₃(PO₄)₂ e Na₂S, e o mais usado sendo o NaOH. A desmineralização, este processo ocorre através do tratamento com vários ácidos como HNO₃, H₂SO₃, CH₃COOH e HCOOH, sendo o mais destacado e usado em diferentes concentrações o HCL. A despigmentação ocorre na eliminação de pigmentos que não parecem estar complexados com matéria inorgânico ou proteína, neste processo é usado o etanol ou cetona, KMnO₄, NaClO, SO₂, NaHSO₃, Na₂S₂O₃ ou H₂O₂.

A quitosana pode ser obtida através do processo de desacetilação termoquímica responsável pela remoção do grupo acetamido (-NHCOCH₃) da quitina extraída da carapaça de crustáceos, é transformada em graus variados, em grupos amino (-NH₂), dando origem a quitosana (Campana-Filho et al., 2007). Devido à alta cristalinidade e insolubilidade da quitina, este processo utiliza etapas de desmineralização e desacetilação com ácidos e bases fortes que podem causar parcial desacetilação da quitina e hidrólise do polímero devido ao acesso limitado aos seus sítios

reactivos, resultando em produtos finais com propriedades inconsistentes, ou seja, produtos heterogêneos com diferentes massas moleculares e graus de desacetilação; além disso, essas soluções alcalinas fortes são fontes de poluição para o meio ambiente e os resíduos de proteínas no produto final podem causar reacções alérgicas no ser humano (Franco, 2000; Amorinet al., 2001). Deste modo, a natureza do produto obtido depende do processo químico utilizado (Andrade et al., 2003; Caiet al., 2006). A quitosana após a sua extracção, é um pó amarelo com estrutura cristalinas ou amorfos, insolúvel em água, é solúvel em alguns ácidos e bases diluídas.

2.3. Características físico-químicas da quitosana

A quitosana é um polímero linear de β -1,4-D-glicosamina, que é ligado por resíduos de N-acetil-D-glicosamina (Figura 3), que é derivado por resíduos da desacetilização da quitina, com uma configuração tridimensional helicoidal estabilizada por ligações de hidrogénio intramolecular (Kas, 1997).

Esse polímero é solúvel em soluções aquosas diluídas de ácidos orgânicos e inorgânicos e dependendo do processo de desacetilação, da perda do grupo acetil, ela pode apresentar vários graus de acetilação (Andrade Et Al., 2003; Synowiecki & Al-Khateeb, 2003).

Através de estudos de raios-X, pode-se observar que a cristalinidade da quitina e da quitosana depende do grau de acetilação e do processo de extracção utilizado. Em relação a estrutura espacial da quitosana, ela pode se apresentar na forma hidratada, anidra, como complexos ou sais de quitosana (Antonino, 2007).

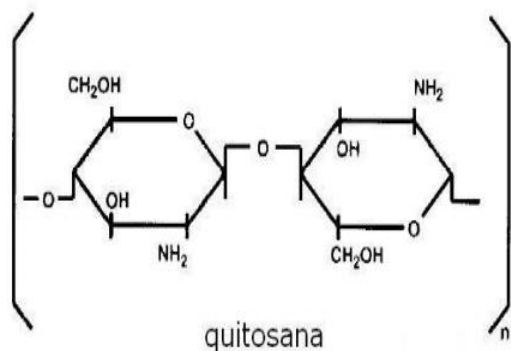


Figura1: Estrutura química da quitosana. Fonte: (Antonino et al., 2007).

2.4. Uso da quitosana como coagulante

Kawamura (1991) avaliou a eficiência da quitosana como coagulante, em escala de bancada, utilizando diferentes águas superficiais. Em águas com alcalinidade em torno de 30 mg CaCO₃/L e Turbidez na faixa de 10 a 15 uT, com dose menor de 5 mg/L de quitosana, foi obtida uma turbidez residual menor que 1 uT.

Moraes et al. (2005), na Universidade Estadual de Maringá (UEM), avaliaram o uso da quitosana para a produção de água potável pelo processo de ultrafiltração, encontrando resultados satisfatórios de remoção de cor, turbidez e UV-254nm, nas condições estudadas.

Capelete, B. C (2011) emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação trihalometano para a produção de água potável com uma dose que variou entre 0 a 9mg/L, a quitosana mostrou que pode promover a remoção efetiva da turbidez, clorofila *a*, matéria orgânica dissolvida e cor aparente

2.5. Fases de tratamento de água utilizando com a quitosana

2.5.1. Coagulação

As estações de tratamento de água utilizam os coagulantes, sais de ferro ou alumínio e polímeros. O principal objectivo da coagulação é o aumento do diâmetro das partículas através da redução da estabilidade destas partículas (Di Bernardo, 2003).

A figura abaixo mostra o mecanismo de coagulação da quitosana, o coagulante catiónico é depositado sobre as superfícies dos colóides com cargas negativas. A adsorção do coagulante resulta na neutralização das cargas coloidais, anulando as forças de repulsão e provocando sua aglutinação.

2.5.2. Flocculação

O mecanismo de flocculação vem em seguida ao de coagulação, e é usado para unir estas partículas aglutinadas e produzir aglomerados ainda maiores (Bolton, 1995).

A finalidade da flocculação no tratamento de águas é aumentar a velocidade de sedimentação dos flocos. No processo de coagulação, ocorre na neutralização das partículas, porém este procedimento nem sempre é suficiente para garantir a decantação de forma eficiente (Di Bernardo, 2003).

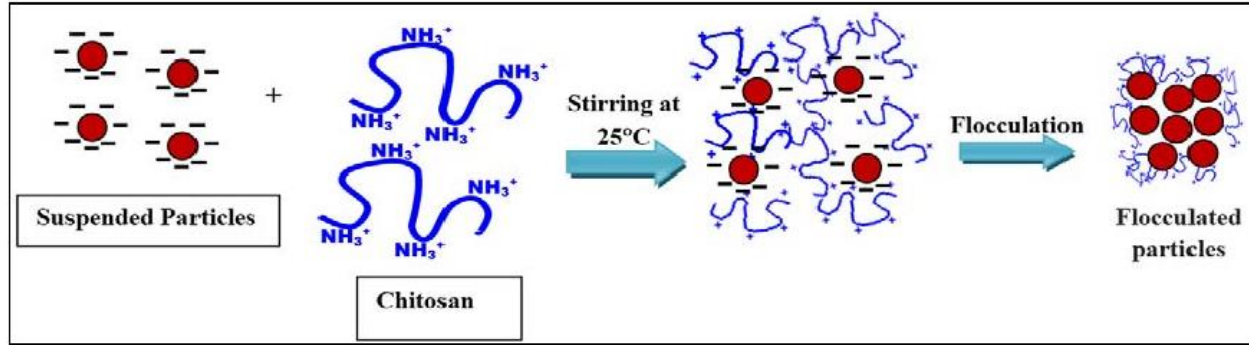


Figura2: Mecanismo de floculação de partículas usando a quitosana (Monteiro et al, 2009)

2.5.3. Decantação

Processo que permite a separação da fase líquida (água) e da fase sólida (flocos – que vão originar as lamas) por acção da gravidade.

2.5.4. Filtração

A água da parte superior do recipiente passa por um filtro de modo a reter os flocos (Sperling, 1996).

CAPITULO III

3.METODOLOGIA

3.1.Área do estudo (Localização)

A cidade de Quelimane localiza-se na região centro de Moçambique na zona costeira da Província da Zambézia, situando-se no Sudeste da Província, a cerca de 6 milhas da costa. O bairro de Icidua localiza-se na cidade de Quelimane na travessia da ponte entre Quelimane-Madal, com as coordenadas 17°53'15.02"Sul e 36°54'24.18"Este. O clima da região é classificado como sendo tropical húmido por duas estações seca e fria (Abril e Outubro) com temperaturas médias diurnas de 26°C e outras estações Chuvosa e Húmidas (Novembro a Março) com temperaturas médias diurnas de 30°C (MAE, 2005).

A zona é fortemente influenciada pelas monções de África Oriental e sujeita a depressões tropicais do canal de Moçambique.

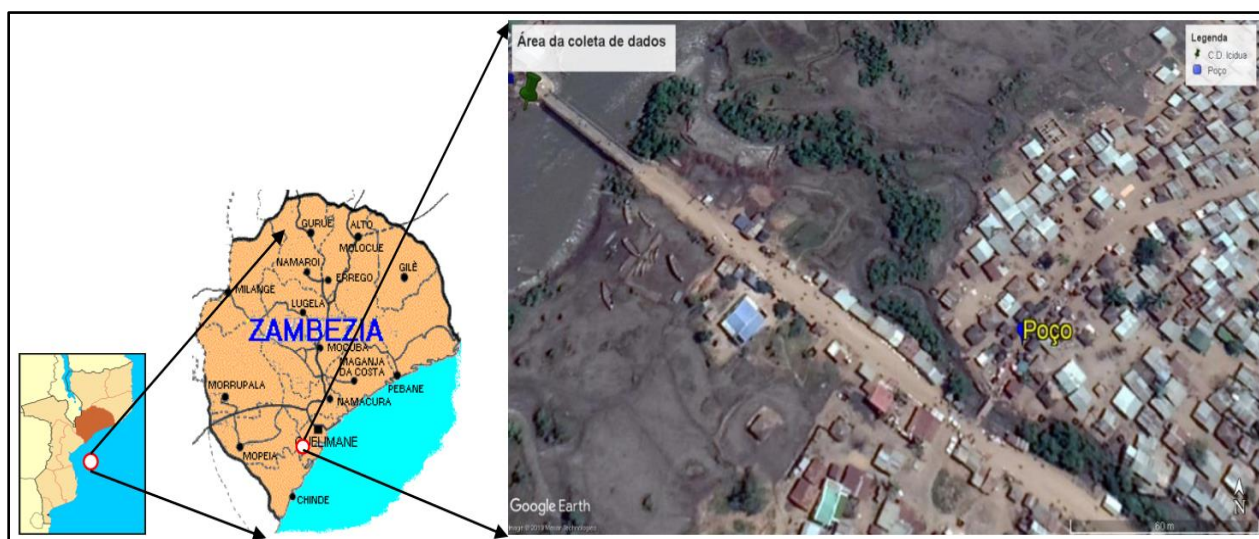


Figura 3: Localização geográfica da área de estudo (Google Earth 2018).

3.2. Material e os Reagentes

Tabela 1: Reagentes & Equipamento

Material	Reagentes	Equipamento
Congelador	HCl (5%)	Toca
Bandeja	NaOH (7%)	Luvas
Estufa (Thermo scientific)	ETANOL (47%)	Mascaras
Pilão		Bata Branca
Bequer de 300mL		
Funil		
Papel filtro de 110 mm de diâmetro		
Peneira de Sedimento		
Placa de metal 50mm de diâmetro		
Garrafas PVC de 500mL		
GPS Referência GARMIN Astro 220		
Agitador magnético Typ:MR Hei-Tec Ser nº 051418520		
Balança analítica METTER TOLEDO modelo ME104		

3.3.Obtenção e preparo da matéria prima-prima

3.3.1.Amostragem

As amostras (carapaças de camarão) foram adquiridas no restaurante Chapo Chapo localizado na cidade de Quelimane, as mesmas foram armazenados em sacos plásticos devidamente etiquetado conservados no frigorífico e posteriormente foram transportados no colmen para o laboratório de Química da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeira.

A amostra da espécie de camarão está representada na figura abaixo para sua ilustração da característica anatômica e fisiológica da espécie. A figura abaixo mostra a representação esquemática do cefalotórax e carapaça de camarão.

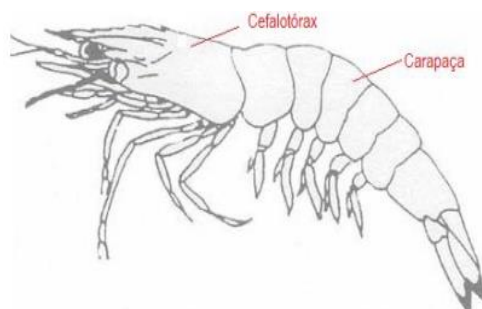


Figura 4: Representação esquemática do cefalotórax e carapaça de camarão. Fonte: (Antonito, 2007).

3.3.2.Lavagem e moagem das cascas de camarão

As cascas de camarão foram lavadas manualmente para a retirada de resíduos de carne, ovos. O material resultante foi colocado em bandejas de plástico, para secar ao sol por 24 horas, após de o material ficar seco foi triturado em um pilão, onde obteve-se um pó. O pó resultante foi peneirado em peneira granulométrica com abertura de 100 mesh, onde obtive duas variedades de pó com diferentes tipos de granulometria. Para a obtenção da quitosana as reacções iniciarão com o pó do exosqueleto de camarão.

O fluxograma simplificado dos processos de obtenção da quitosana a partir de exosqueleto de camarão.

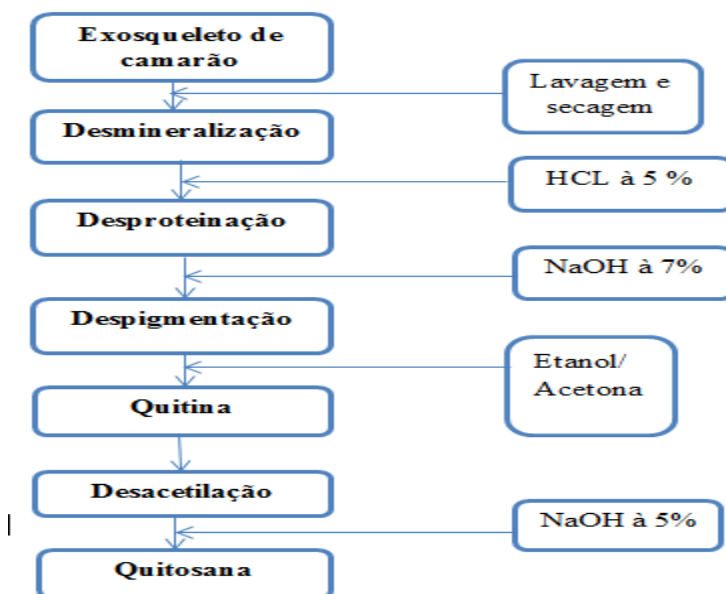


Figura 5: Processo de obtenção da quitosana. Fonte: Antonino (2007).

3.4. Procedimento de obtenção da quitosana

O processo de obtenção de quitosana foi baseado no método utilizado por Antonino (2007). Que consiste em seguintes processos: desmineralização, desproteinação, despigmentação e desacetilação.

- **1º Processo de desmineralização**

A etapa de desmineralização tem por objectivo reduzir o teor de cinzas (sais minerais) da matéria-prima, principalmente carbonato e fosfato de cálcio. A desmineralização foi realizada com ácido clorídrico (HCl) à temperatura ambiente, que tem a finalidade de dissolver o carbonato de cálcio e outros constituintes inorgânicos.

Cerca de 20g do material moído foi adicionado a 100mL de solução de HCl com concentração de 1,0 mol L⁻¹, sob agitação constante durante 2 horas sob temperatura ambiente. O material foi submetido a uma filtração com papel de filtro, posteriormente o material foi lavado por varias vezes com água destilada ate atingir a neutralidade (pH neutro). O solido resultante foi seco em estufa, por 1 hora a temperatura de 100°C.

- **2º Processo de desproteínação**

O processo de desproteínização tem a função de reduzir o teor de nitrogénio proteico (remoção de proteínas), Consiste em adicionar uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH), na matéria-prima obtida no processo de desmineralização.

Em um bequer, foi adicionado 20g de material desmineralizado, em 100mL da solução de NaOH a 1%, o material foi submetido a agitação por 3 horas a temperatura de 50°C. O material resultante foi filtrado com papel de filtro e lavado posteriormente com água destilada até pH neutro. De seguida a amostra foi seca em estufa, por 1 hora a temperatura de 100°C.

- **3º Processo de despigmentação**

O objectivo dessa operação é acentuar a redução de odor proveniente do material e a retirada de pigmentos.

Foi adicionado 20g em um bequer o material desproteínizado a 100mL de Etanol à temperatura de 40°C e sob agitação constante de 5 horas. O material sólido foi filtrado em um papel de filtro, e de seguida foi lavado com água destilada até atingir o pH neutro, e foi seco na estufa com temperatura de 100°C.

- **4º Processo de desacetilação**

A desacetilação consiste na remoção de grupos acetil (-COCH₃) das funções acetamida (-NHCOCH₃) presentes no biopolímero quitina, de modo a deixar grupos amina (-NH₂) livres no biopolímero, quitosana. O número de grupos aminas livres na quitosana é proporcional ao parâmetro conhecido como grau de desacetilação e quanto maior for este valor, melhores serão as propriedades que resultam da presença de grupos amina, sendo a principal propriedade a solubilidade em soluções aquosas ácidas, que está relacionada com a quantidade de grupos amino protonados (-NH₂⁺) na cadeia.

Cerca de 20g de quitina foi suspensa em 100mL de solução de NaOH a 50%. O sistema foi mantido sob agitação magnética durante 5 horas a temperatura de 100°C. O material resultante foi lavado com água destilada até atingir o pH neutro. Em seguida o material foi seco a 1 hora a temperatura de 100°C.



A) Pesagem de material triturado.



B) Precipitação do material.

Figura 6: balança e Agitador magnético.



B) Lavagem do material.



D) Secagem do material.

Figura7: As diferentes fases e sua respectiva instrumentação que foram usadas em processo diferentes na obtenção da quitosana ao longo do trabalho.

A quitosana produzida neste trabalho, foi obtida a partir das reacções de desacetilação da quitina em soluções alcalina. A quitosana não apresenta uma entidade uniforme de coloração, a quitosana pode apresentar diversas formas de coloração após a sua extracção, isso deve-se a diferentes espécies de camarão existentes e também o nível de crescimento do crustáceo. A quitosana obtida neste trabalho apresentou uma coloração um pouco aparente ao amarelo, abaixo está ilustrada a figura da quitosana.



Figura 8: A quitosana obtido no trabalho.

3.5.1.Água de estudo.

A água bruta de estudo foi colectada na cidade de Quelimane, localmente no bairro de Pescadores (Icidua), o local de colecta da água é um poço familiar utilizada como fonte de abastecimento, a água é caracterizada pela baixa turbidez, presença de microalgas e teores de clorofilas que sugerem estado oligotrófico.



Figura 9: Água bruta.

3.5.2.Coagulantes

A quitosana é pouco solúvel em água em valores de pH neutro-alcalino, para preparar a solução coagulante o pó de quitosana foi solubilizado em água acidificada. Assim como em outros trabalhos (Sajomsang, et al., 2008; HU, et al., 2013), foi utilizado ácido clorídrico para a solubilização da quitosana, evitando-se a interferência de outra fonte da matéria orgânica na formação de subprodutos.

Baseando-se em trabalho realizado por Janegitzet al. (2007), umas das formas de preparo da solução de quitosana: foi dissolvido 0.5g do pó da quitosana em 500ml de solução de HCl 1mol/L, foi deixado sob agitação aproximadamente 5h de tempo. Com esse procedimento, foi observada, a total dissolução da quitosana em pó.

Para a definição da faixa de doses da quitosana, foram considerados os trabalhos realizados por (Huang e Chen, 1996; Divakaran e Pillai., 2002; Rizzoet al., 2008), o fato da água de estudo apresentar características distintas dos estudos realizados por outros autores, sugerindo a necessidade de uma dose maior. Assim, a dose da quitosana realizado nos ensaios.

Tabela2: Dose da quitosana aplicada para água de estudo.

ÁGUA	DOSE DA QUITOSANA (ml)
Água bruta do poço	5.0

Os processos operacionais verificados durante o tratamento de água neste trabalho foram Coagulação, floculação e sedimentação. Foi feita a mistura homogênea de 5ml da quitosana com 1L de água bruta do poço, agitação constante durante 15 minutos e de seguida o recipiente foi mantido em forma de repouso durante 10 horas, sem movimentação e nem deslocamento do recipiente de forma para observar a ocorrência da floculação e sedimentação processos esses descritos no trabalho, depois de observar a separação entre a fase líquida e a fase de lodo da água prosseguiu-se a fase de filtração.

3.5.3. Filtração em papel de filtro para a produção de água.

As condições operacionais desse estudo foram baseadas em trabalhos encontrados na literatura sobre a formação de subprodutos de desinfecção em água por papel de filtro com retenção de 8µm (Holmes e Oemcke, 2002; Paschoalato, 2005). Depois de observar a sedimentação, a água foi filtrada usando uma máquina de filtração, ajustado com uma bomba de oxigênio. A filtração consistiu na separação da água e as impurezas, sedimentos precipitados.



Figura 10: Sistema de filtração da água

3.6. Análise dos parâmetros.

Foram analisados os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos no laboratório da FIPAG (Fundo de Investimento e Patrimônio de Água), no que diz respeito ao pH, turbidez, nitritos, nitratos, cloro residual, clorofila a e coliformes fecais. Foram produzidos tabelas como forma de visualizar as tendências de variação dos parâmetros que controlam a qualidade da água.

3.6.1. Análise de parâmetros físicos e químicos.

Os parâmetros físicos e químicos foram analisados por métodos potenciométricos descritos no manual APHA, AWWA, WPCF (1992), o método baseia-se nas propriedades elétricas da solução em análise em alguns casos também baseiam-se em propriedades químicas.

3.6.1.1. pH

O pH foi analisado pelo multiparametro "HQ 40 d", primeiro ligou-se o instrumento e em seguida foi a calibração do mesmo, após a calibração introduziu-se a sonda do instrumento no recipiente contendo a água da amostra onde leu-se os valores da temperatura em °C e a sonda sempre era lavada para cada amostra que se analisava, isto para evitar a interferência das temperaturas das amostras.

3.6.1.2. Turvação

Para medir a turvação usou-se o "Turbidimeter HI 93703", primeiro ligou-se o instrumento e preparou-se duas cuvetes de 10 mL a cada, em seguida encheu-se as duas cuvetes com água, uma com água destilada (branco) e a outra com a água da amostra e em seguida calibrou-se o instrumento com o branco e introduziu-se o branco no orifício do instrumento, pressionou-se o

teclado com a opção (zero), retirou-se o branco do instrumento e introduziu-se a cuvete contendo a amostras, pressionou-se a opção (ler) e leu os valores da turvação, assim sucessivamente leu-se toda a amostra.

3.6.1.3.Ferro Total

O ferro total foi analisado por método Tiocianato, o método consiste no uso de espectrofotómetro "DR 900", para a leitura das amostras.

Preparou-se duas cuvetes, uma com a água destilada para servir do branco e outra com a água da amostra, mediu-se 25 ml da amostra da água e adicionou-se o reagente de ferro (ferrousironn) e agitou-se por alguns segundos até a dissolução completa, deixou-se em repouso por 3 minutos, calibrou-se o espectrofotómetro com o branco, após a calibração, mediu-se 10 ml da solução preparada anteriormente numa cuvete de 10 ml previamente lavada com a água destilada e introduziu-se no espectrofotómetro e prosseguiu-se com a leitura dos resultados em mg/L assim sucessivamente.

3.6.1.4.Alcalinidade

A alcalinidade também foi determinado pelo método titulométrico e seguiu-se e os seguintes passos: Mediu se 50 ml da água numa proveta de 250 ml, introduziu-se a água num balão volumétrico de 250 ml, adicionou-se três gotas do indicador misto e em seguida triturou-se com ácido sulfúrico de concentração 0.02N até a viragem da cor e por fim calculou-se o volume gasto de ácido sulfúrico durante a trituração e o resultado obtido multiplicou-se por 20 (constante).

3.6.1.5.Determinação de (NO₂⁻ e NO₃⁻).

A série nitrogenada foi analisada pelo método direto descrito no manual APHA,AWWA,WPCF (1992) o método consiste na introdução de reagentes correspondentes a cada amostra (amoníaco, nitrito e nitrato) e sua análise. Pra esses parâmetros o procedimento é o mesmo apenas trocou-se de reagente.

Para a análise destes usou-se o espectrofotómetro "DR 900", onde primeiro preparou-se duas cuvetes de 10 ml cada, em seguida encheu-se as duas cuvetas com água, uma com água destilada (branco) e a outra com a água da amostra, adicionou-se o reagente do amoníaco e agitou-se por alguns segundos para que o reagente se dissolva na totalidade, calibrou-se o espectrofotómetro

com o branco após a calibração, retirou-se o branco do instrumento e introduziu-se a cuvete contendo a amostras, pressionou-se a opção (ler) e leu-se os valores de amoníaco em mg/L.

3.6.1.6. Análise de coliformes totais, fecais e e.colis (Método de Petrifilm.)

As placas de petrifilm ou as membranas lactosas para contagem de e.coli e coliformes contêm nutrientes do meio vermelho violeta bile, um agente gelificante solúvel em água fria, um indicador que facilita a enumeração desses microrganismos. A maioria dos e.colis produz beta-glicuronidase na qual forma um precipitado vermelho-azulado na parte superior das membranas onde ficam retidos os coliformes e os e.colis, o que permite assim a sua identificação.

Para a análises dos coliformes totais, fecais e e.colis foram seguidos os seguintes passos:

➤ **Introdução e espalhamento da amostra em meio de cultura apropriado;**

Com a ajuda de uma pipeta, foi medido 1ml da amostra de água, e cuidadosamente foi introduzida na membrana lactosa e a água foi espalhada cuidadosamente de modo a preencher toda a membrana.

➤ **Incubação;**

Após o processo anterior, a membrana lactosa foi introduzido num incubador a 37 °c durante um período de 24 horas para permitir o desenvolvimento das bactérias.

➤ **Contagem dos coliformes.**

Após o período de 24 horas, as amostras foram retiradas e verificadas. Cada ponto vermelho na membrana representava a um coliforme total ou fecal e os pontinhos azuis representavam os e.colis, os coliformes fecais foram analisados apenas para a água bruta enquanto os coliformes totais e os e.colis foram analisados para a água tratada.

3.6. Eficiência da quitosana na purificação da água

Para a determinação da eficiência de pó da quitosana na purificação de água para consumo humano será usado as seguintes expressões:

1ª Equação:

$$\Delta C = T_a - T_d$$

Onde:

ΔT – Variação da Media de Turvação

T_a – Turvação Media antes da Purificação

T_d – Turvação Media depois da Purificação

2ª Equação:

$$\Delta C = C_a - C_d$$

Onde:

ΔC – Variação Media de Coliformes

C_a – Numero Médio dos Coliformes antes da Purificação

C_d – Numero Médio dos Coliformes depois da Purificação

As percentagens da remoção de alcalinidade, ferro total, nitritos, nitratos, e cloro das soluções foram calculados com a seguinte **equação 3**.

$$\text{Remoção} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100\%$$

Onde:

C_i = concentração inicial (mg/L)

C_f = concentração final (mg/L)

CAPÍTULO IV

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1.Resultados.

4.1.1.Caracterização da qualidade de água usado na experiencia antes do tratamento.

A tabela a seguir ilustra as características dos parâmetros iniciais da amostra da água de estudo, colectada na fonte de água (poço familiar) do bairro do Icidua.

Tabela 3: Caracterização dos parâmetros da água do poço do bairro dos pescadores.

Parâmetros	Água do poço
pH	7.55
Turvação (UNT)	11.72
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	15
Ferro Total (mg/L)	1
Nitritos (NO ₂ ⁻ mg/L)	0.016
Nitratos (NO ₃ ⁻ mg/L)	7.4
Cloro (Cl mg/L)	49.63
Coliformes Fecais	5

Na tabela 3. Se constata que o cloro, alcalinidade e a turvação da água usada no processo de tratamento apresentaram valores muito altos, nomeadamente 49.63 cloro, 15 alcalinidade e 11.72 turvação. O ferro esteve com um padrão normal após sua análise com 1 mg/L. O nitrito e nitrato apresentaram valores de 0.016 mg/L e 7,4 mg/L, respectivamente. Os coliformes fecais apresentaram o valor de 3 colonias/100ml e por último o pH foi registado de 7,55.

4.1.2. Comparação da água tratada com a quitosana e com os parâmetros da OMS.

A tabela abaixo que se segue mostra a comparação dos parâmetros da água tratada com a quitosana e os parâmetros recomendados da OMS.

Tabela 4: Comparação dos parâmetros da água tratada com quitosana e com parâmetros recomendados pela organização mundial da saúde.

Parâmetros	Água não tratada	Água tratada com quitosana	Parâmetros recomendado OMS
pH	7.55	7	6,5 à 8,5
Turvação (UNT)	11.72	4	5
Alcalinidade (mg)	15	15	-
Ferro Total (mg/L)	1	0,3	0,3
Nitritos (NO ₂ ⁻ mg/L)	0.016	0,003	3
Nitratos (NO ₃ ⁻ mg/L)	7.4	6	50
Cloro (Cl mg/L)	49.63	0,5	0,2 à 0,5
Coliformes Fecais	5	0	0 à 10

O tratamento da água com a quitosana demonstrou resultados satisfatórios quando comparados com os estabelecidos pela OMS. Todos os parâmetros da água medidos no presente trabalho (pH, Turvação, Alcalinidade, Ferro total, Nitritos, Nitratos, Cloro, Coliformes fecais) demonstraram valores aceitáveis para o consumo. Conforme como ilustra a tabela dos resultados o pH apresentou um valor de 7, a turvação apresentou 4UNT no tratamento, este valor é aceitável, uma vez que a OMS tem como o mínimo aceitável de 5UNT. Para a alcalinidade apresentou 10mg onde a OMS não recomendou o valor aceitável. Para o ferro total após o tratamento apresentou 0.3mg/L, uma vez que a OMS recomenda a mesma concentração. Para os nitritos após o tratamento foi registrado o valor de 0.003, uma vez que a OMS tem como o mínimo de 3mg/L. Os nitratos após o tratamento foi registrado o valor de 6mg/L, onde a OMS recomenda 50mg/L. Para o cloro após o tratamento apresentou 0.5mg/L, onde a OMS recomenda 0.2 à

0.5mg/L. Os coliformes fecais que são indicadoras de existência de bactérias patogênicas, após o tratamento registaram uma total remoção, onde a OMS recomenda de 0 a 10 colônias por 100ml.

4.2.Discussão

4.2.1.Correlação dos dados obtidos com outros trabalhos realizados.

Os parâmetros analisados e apresentados na tabela a cima, mostra o valor da turvação de 4UNT, após o tratamento com uma dose de 5ml da quitosana. De acordo com Capelete (2011) em seu estudo sobre o Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação de trihalometanos, tendo usado mesma dosagem de 5ml obteve um valor de 0,15UNT depois do tratamento.

Em relação a alcalinidade analisada e apresentada na mesma tabela não variou após o tratamento com 5ml, tendo apresentado o mesmo valor de 15. Facto que concorda Capelete (2011) em seu estudo sobre Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação de trihalometanos, tendo usado a mesma dosagem, encontrou um valor de 8, o mesmo não variou.

De acordo com Monteiro et al, (2009) em seu estudo de tratamento de água por coagulação/floculação/filtração com membranas, tendo usado 10mg/L da quitosana, obtiveram 200 coliformes fecais. Os coliformes analisado na tabela acima, tendo usado a dose de 5ml obteve uma remoção total.

De acordo com Spinel et al, (2010) em seu estudo sobre Tratamento, polieletrólito natural para o tratamento de água potável, usou a dose de 10 mg/L da quitosana, obteve 0,4 depois do tratamento de água. O cloro analisado e apresentado na tabela mostra um valor de 0,5 após o tratamento, com a dose de 5ml aplicada.

De acordo com Monteiro et al, (2009) em seu estudo sobre o Tratamento de água por coagulação/floculação/filtração com membranas, utilizando o coagulante natural quitosana, usou a dose de 10mg/L da quitosana, obteve 0,3 de ferro após o tratamento. O Ferro total analisado e apresentado na tabela obteve 0,3 tendo usado a dosagem de 5ml.

Nitritos analisados e apresentados encontrados na tabela obteve 0,003 após o tratamento com a dosagem de 5ml. De acordo com Monteiro et al, (2009) em seu estudo sobre o Tratamento de

água por coagulação/floculação/filtração com membranas, utilizando o coagulante natural quitosana, usou a dosagem de 10 mg/L obteve 0,2 de nitratos.

Nitratos analisados e apresentados na tabela obteve 6 após o tratamento com uma dose de 5ml. De acordo com Monteiro et al, (2009) em seu estudo sobre o Tratamento de água por coagulação/floculação/filtração com membranas, utilizando o coagulante natural quitosana, com a dosagem de 10mg/L, encontraram 5 como resultado.

4.2.2.Eficiência da quitosana no tratamento de água.

Os resultados dos parâmetros de qualidade de água analisados depois de ser submetida ao tratamento com a quitosana.

Table4: A eficiência da quitosana na remoção da turvação e coliformes totais.

Concentrações (mg/L)	Turvação (UNT)	Concentrações (mg/L)	Coliformes fecais
Ta	11.72	Ca	5
Td	4	Cd	0
ΔT	7.72	ΔC	1
R	65%	R	100%

A eficiência obtida na remoção da turvação foi de 65% e para coliformes fecais foi de 100%. Com esse resultado da remoção mostrou que a quitosana é eficiente como coagulante no tratamento da água. Capelete (2011) Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação de trihalometanos, no seu trabalho tendo observado a remoção de 70% para a turvação e 98.1 para coliformes fecais.

Tabela 6: A eficiência da quitosana na remoção de alcalinidade e ferro total

Concentrações (mg/L)	Alcalinidade (mg/CaCO₃/L)	Concentrações (mg/L)	Ferro total (mg/L)
Ci	15	Ci	1
Cf	15	Cf	0,3
ΔC	0	ΔC	0,7
R	0%	R	70%

A alcalinidade não variou e nem apresentou nenhuma remoção, os resultados são similar com trabalho realizado por Capelete (2011) Emprego da quitosana como coagulante no tratamento de água contendo *Microcystis aeruginosa* – avaliação de eficiência e formação de trihalometanos, não obteve nenhuma variação. A eficiência da remoção do ferro total foi de 70%, Monteiro et al, (2009) no seu estudo sobre Tratamento de água por coagulação/floculação/filtração com membranas, utilizando o coagulante natural quitosana, obtiveram uma remoção de 95%.

Tabela 7: A eficiência da quitosana na remoção de nitratos, nitritos e cloro.

Concentrações (mg/L)	Nitritos (NO₂⁻ mg/L)	Parâmetro	Nitratos (NO₃⁻ mg/L)	Concentrações (mg/L)	Cloro (Cl mg/L)
Ci	0,016	Ci	7.4	Ci	49,63
Cf	0,003	Cf	6	Cf	0,5
ΔC	0,014	ΔC	1,4	ΔC	49,13
R	87%	R	18,9%	R	98,9%

A eficiência da remoção dos nitritos foi de 87%, Monteiro et al, (2009) tratamento de água por coagulação/floculação/filtração com membranas, utilizando o coagulante natural quitosana, obteve uma remoção de 90%. Nitratos a eficiência da remoção foi de 18,9, Monteiro et al, (2009) obtiveram uma remoção de 50%. Cloro a eficiência de remoção foi de 98,9%, Spinel at al, (2010) no seu estudo em Tratamento, polieletrólito natural para o tratamento de água potável, obtiveram a remoção de 96%.

4.2.3. Vantagens e Desvantagens do uso da Quitosana no tratamento de água.

Nos ensaios realizados de processo de filtração direta da água do poço do bairro Icidua, a Quitosana mostrou ser eficiente na remoção da turvação e de coliformes fecais. Contudo a dose da Quitosana aplicada foi de (5mg/L).

O fato de se obter uma boa remoção na turvação e nos coliformes fecais, com uma dose de 5mg/L de quitosana é uma das vantagens oferecidas. Outra vantagem importante é que com o emprego da quitosana aumenta o potencial de filtração. É um polímero natural e não tóxico (sua dose letal é de >16 g/Kg), desta maneira não trará sérios riscos à saúde humana.

A única desvantagem que a quitosana oferece é em relação à aquisição. A importação da Quitosana é muito cara, e em Moçambique não se produz industrialmente, somente pode ser produzida em escala de laboratórios.

Capítulo V

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.

5.1. CONCLUSÃO.

Diante a realização do trabalho de tratamento de água com a quitosana, foi possível visualizar e concluir que, a quitosana é um excelente coagulante para a remoção da turvação, ferro total, nitritos, nitratos, cloro e coliformes fecais na água. Os parâmetro que apresentaram maior eficiência na remoção. A turvação com 65% de remoção, os coliformes fecais com 100% de remoção, nitritos com 87% remoção, nitratos com 18% de remoção, o cloro com 98,9% de remoção, o ferro total com 70% de remoção, alcalinidade com 0% de remoção.

5.2. RECOMENDAÇÕES

A partir desse estudo, são feitas algumas recomendações para os seguintes trabalhos envolvendo a utilização da quitosana como coagulante:

- Avaliar o desempenho da quitosana como coagulante em diferentes técnicas de tratamentos.
- Avaliar o desempenho da quitosana na remoção de cianobactérias dissolvidas.
- Avaliar o desempenho da quitosana na remoção de metais pesados como o ferro, manganês, magnésio.
- Avaliar desempenho da quitosana no tratamento da água com seguintes parâmetros, temperatura, cálcio, enxofre, ferro e potássio.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Oliveira, H. M., Queiroz, J. C., Cavalcanti, C. F., & Rocha, L. K. (2016). *Estudo da produção de quitosana a partir do resíduo da casca de camarão por biofermentação*. UFCG: COLAQB.
- Alwakeel, K. Z. (2010). Environmental Application of Chitosan Resins for the Treatment of Water and Wastewater: A Review. *Journal of Dispersion Science and Technology* 31, 273-288.
- B C Janegitz., B. C.-F. (2007). Desenvolvimento de um método empregando quitosana para remoção de íons metálicos de águas residuárias. *Química nova*, pp. 879-884.
- CETESB. (2010). Ficha de informação toxicológica, alumínio. Divisão de toxicologia, genotoxicidade e microbiologia ambiental. *Companhia ambiental do Estado de São Paulo.*, p.1-4.
- Edzwald, J. K. (2011.). Water quality & treatment. A handbook on drinking water. *American water works association, 6 ed.*, 1696p.
- El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I. e Daayf, F. (2010). Chitosan in Plant Protection. *Marine Drugs* 8, 968-987.
- Elim Khor e Lim Yaoli Lim. (2003). Implantable applications of chitin and chitosan. *Biomaterials* 24, 2339-2349.
- F. S. Kittir., K. V. H. Prashanth., K. U. Sankar. e R. N. Tharanathan. (2002). Characterization of chitin, chitosan and their carboxymethyl derivatives by differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Polymers* 49, 185-193.
- F. S. Kittur., K. V. H. Prashanth., K. U. Sankar. e R. N. Tharanathan. (185-193). Characterization of chitin, chitosan and their carboxymethyl derivatives by differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Polymers* 49, 2002.
- Folzke, C. T. (2013). Estudo da remoção de alumínio de água para abastecimento utilizando quitosana. *dissertação de mestrado da Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina*, 137p.

-
- Gamage, A. e Shahidi, F. (2007). Use of chitosan for the removal of metal ions contaminants and proteins from water. *Food Chemistry* 104, 989-996.
- Grossen, D. W. (2009.). Review of alternative treatment processes for metal bearing hazardous waste streams. *J. Air Pollut. Control Assoc.*, v.36, n.5, .
- Guimarães, P. S. (2013). *Tratamento de Águas Residuárias Oriundas da Purificação do Biodiesel por Coagulação Empregando Sulfato de Alumínio e Quitosana*. Universidade de Brasília: Faculdade de Tecnologia.
- Guzey, D. e McClements, D. J. (2006). Formation, stability and properties of multilayer emulsions of application in the food industry. *advances in Colloid and Interface Science* 128, 227-248.
- Harris, D. C. (1999). *Análise Química Quantitativa*. 50 Edição., p.862.
- Hirano, S.; Braek, S.; Anthosen, T.; Sandford, P. A. (eds). (1989). Productions and application of chitin and chitosan in Japan. *Chitin and chitosan: sources, chemistry, biochemistry, physical properties and application*. New York: Elsevier applied Science, 1989., p.37-43 (Proceedings of the 4th. International conference on chitin and chitosan, 1988, Trondheim, Norway).
- Knorr, D. (1991). Recovery and utilization of chitosan in food-processing waste management. *Food technology*, 45.
- Kobelk, D. N. (1990). *Food Australia*, v.42., p.18-19.
- Kumar, M. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive & Functional Polymers* 46, 1-27.
- Kurita, K. (2006). Functional biopolymers from marine crustaceans. *Chitin and chitosan.*, 8, 203-226.
- Libanio, M. (2008). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 20 ed. *Editora Atomo.*, p. 444.
- Lim, E. K. (2003). Implantable applications of chitin and chitosan. *Biomaterials* 24, 2339-2349.

-
- Lobo-Recio, M. A.; Lapolli, F. R.; Belli, T. J.; Folzke, C. T.; Tarpani, R. R. Z.; (2013). Study of the removal of residual aluminum through the biopolymers carboxymethylcellulose, chitin, and chitosan. *desalination and water treatment.*, Volume 51, p. 7-9.
- Lobo-Recio, M. A.; Mercê, A. L. R.; Nagel-Hassemer, M. E.; Lapolli, F. R. (2011). Aluminium in waters. Sources, speciation and removal techniques, in molecular and supramolecular bioinorganic chemistry: Applications in medical and environmental sciences, Vol. 2, Chapter 4, Mercê, A. L. R.; Felcman, J.; Loborecio, M. A. *Editors, Nova science publishers, Inc., New York, www.novapublishers.com, 235p.*, p. 95-122.
- Madeira, V. S. (2003). Desenvolvimento de um carvão adsorvente para a remoção de íons ferro. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina.*, 83p.
- Mahieu, S.; Millen, N.; Elias, M. M. (2001). Alteraciones en la función renal inducidas por el aluminio. *Revista FABICIB, Vol. 5.* , p. 31-39.
- Manuel Rinaldo., G. P. (1999). Influence of acetic acid concentration on the solubilization of chitosan. *Polymer 40*, 7029-7032.
- Martins, M. L. N.; Von Sperling, E. (1997). Dinâmica do ferro e do manganês no hipolimnion do reservatório serras azuis em Minas Gerais. *ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 19 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.*
- Mathur, N. K.; Narang, K. (1990). Chitin and Chitosan, Versatile Polysaccharides from Marine Animals. *J. Chem. Educ.*, v.67, p.11.
- Monteiro, D.T; Bergamasco, R; Moraes, L.C.K. (2009). Tratamento de água por coagulação/floculação/filtração com membrana, utilizando o coagulante natural quitosana. *VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*, 6.
- Nifante'vs, N. E.; Chernetskii, V. N.; . (1998). *Mendeleev Chemi. J.*
- Oliveira, H. M., Queiroz, J. C., Cavalcanti, C. F., & Rocha, L. K. (2016). *Estudo da produção de quitosana a partir do resíduo da casca de camarão por biofermentação.* UFCG: COLAQB.

-
- Prashanth, K. V. H. e Tharanathan, R. N. (2007). Chitin ou chitosan: modifications and their unlimited application potencial - an overview. *Trends in Food Science & Technology* 18, 117-131.
- Renault, F., Badot, B., M.P, & Crini, e. G. (2009). Coagulation ou flocculation processes-An eco-friendly approach. *European Polymer Journal* 45, 1337-1348.
- Renault, G. A. (1992). Chitin Chemistry. *Macmillan*, pp.166-169.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in polymer* 31, 603-632.
- Spinell, V.A; Sens, M.L; Fávere, V.T. (2010). Quitosana, polieletrólito natural para tratamento de água potável. *21a Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 16.
- Sampaio, C. A. (1995). Remoção de ferro e manganês pelo pré-tratamento de águas de abastecimento com permanganato de potássio. . *Dissertação de mestrado da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.*, 183p.
- Samuel Hirano., Kash Hirochi., Kish Mikami., e Tachibana Tensk H. (1991). Cosmetic and Pharmaceutical uses of chitin and chitosan. *Cosmetic and Pharmaceutical applications of Polymers*, 95-104.
- Von Sperling, M. (2005). Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. *Belo Horizonte: Departamentode engenharia sanitaria e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais;*, 452p.
- Weigert, W.; Rattmann, C. A. (1997). Utilização de orto-polifosfato no tratamento de água para eliminação de água suja (água vermelha) e redução de incrustações na rede de distribuição. *19 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES*.
- Sperling, M. (2005). *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*.
- Bolton, B. A. (1995). Soluble Polymers in Water Purification. *Progress in Polymer Science*. v 20., p. 987-1041.
- Di Bernardo, L. (. (2003). Tratamento de água para abastecimento por filtração. *ABES, RiMa*, p. 114, 162, 498.

-
- Sajomsang, W., Ruktanonchi, U. R., Gonil, P., Warin, C. (2008.). Quaternization of N-(3-pyridylmethyl) chitosan derivatives: Effects of the degree of quaternization, molecular weight and ratio of N-methylpyridinium and N,N,N-trimethyl ammonium moieties on bactericidal activity. *Carbohydrate Polymers.* , p.82, 1143-1152.
- Divakaran, R.; Pillai, V, N, S. (2002.). Flocculation of river silt using chitosan. . *Water Research.*, 36, 2414-2418.
- Holmes, M; Oemcke, D. (2002). Optimisation of convencional water treatment processs in Adelaide, South Australia. *WST: Water sipply*, 2(5-6), 157-163.
- Huang, C.; Chen, Y. (1996). Coagulation of colloidal particles in water by chitosan. *Journal Chem. Technol. Biotechnology.*, 66, 227-232.
- Paschoalato, C. F. (2005). *Efeito da Pre-Oxidação, Coagulação, Filtração e Pos-Cloração na Formação de Subprodutos Organicos Halogenados em Aguas Contendo Substancias Humicas*. São Paulo.: Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, SP.
- Respeito, H. L. (2015). *Eficiencia da semente de moringa na purificação da agua do poço para o consumo humano, no Posto Admistrativo de Mucupia Distrito de Inhassunge.* . UEM- Escola Superior de Ciencias Marinhas e Costeira.: Monografia de obtenção do grau de licenciatura em Química Marinha.
- Rizzo, L.; Di Gennaro, A.; Gallo M., Belgiorno, V. (2008). Coagulation/chlorination of surface water: A comparison between chitosan and metal salts. *Sep. Purif. Technol.*, 62, 79-85.

7. ANEXO



1. Carapaças de Camarão.

2. Balança e Agitador Magnético



3. Estufa.

4. Quitosana em pó



5. Água não tratada e Tratada

6. Bomba de filtro e água tratada