



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Curso de Licenciatura em Química Marinha

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Química Marinha

Dessalinização da água dos poços do bairro Inhangome, distrito de Quelimane, usando o bambu (*Bambusa vulgaris*)



Autor

Vicente dos Anjos Mumuane



Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Curso de Licenciatura em Química Marinha

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Química Marinha

Dessalinização da água dos poços do bairro Inhangome, distrito de Quelimane usando o bambu (*Bambusa vulgaris*)

Autor

Vicente dos Anjos Mumuane

Supervisor

Msc. Noca Bernardo Furaca

Co-supervisora

Dra. Valera Dias

Quelimane, Outubro de 2017

DEDICATÓRIA

Dedicado especialmente a minha mãe Lorta Vicente Mumuane “*in memoriam*”, que incansavelmente de tudo fez para que eu estudasse e acreditou sempre em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por ele ser a lâmpada para os meus pés.

A minha mãe Lorta Vicente Mumuane (in memoriam) que em todos momentos académicos e da vida incondicionalmente apoiou-me, a minha tia Cremilda Vicente Mumuane e meu irmão Salomão M. Novela e Edmilson K. M. Novela que com suas frases calorosas foram catalisadores estimulantes na realização deste trabalho.

A UEM-ESCMC pela oportunidade de formação académica que me concedeu.

A Dra. Valera Dias pela orientação e correção da presente pesquisa, e muita paciência. Ao Msc. Noca B. Furaca que desde o princípio deste trabalho depositou o seu voto de confiança em mim, amizade e brilhante orientação.

A minha namorada Penina P. Fazenda por inspirar-me e apoiar-me. A minha ex namorada Cremilda J. Simango que sempre incondicionalmente apoiou-me e teve paciência.

Aos meus colegas de quarto e da residência (Edson Mavie, Evaristo Simbine, Tembe, Honwana, Sibie, Elias) que estiveram presentes em todos momentos e apoiaram.

A Silvia Enorde pela orientação académica e principalmente o reforço espiritual.

Aos meus colegas do curso de química em especial ao Mauro Gune, Pascoa das Dores, Gaston Emile, Adriano Mberequete, Abacar Daniel os do curso de oceanografia Nelton Emile, Alfredo Chauque e Seven Nhamposse pelas parcerias durante o curso.

Aos irmãos da igreja presbiteriana de Moçambique que sempre ofereceram o seu conforto espiritual em especial ao Geraldo Neves e Distina Fanequisso.

Ao mano Flugêncio e Prof. Leonor pelas boleias, aos tio Afonso e Leão.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro, por minha honra, que este trabalho de licenciatura intitulado (Dessalinização da água dos poços de Inhangome usando o bambu (*Bambusa vulgaris*)). nunca foi apresentado na sua essência ou parte do mesmo para obtenção de qualquer grau acadêmico e que, o mesmo constitui resultado da minha inteira investigação pessoal, estando indicadas no texto e na página das bibliografias todas as fontes por mim consultadas para a sua elaboração.

Quelimane, Outubro de 2017

Vicente dos Anjos Mumuane

Resumo

O presente trabalho, pretende melhorar a disponibilidade de água potável em zonas carenciadas, adoptando sistemas de tratamento que sejam de fácil implementação a nível local, baixo custo económico e que proporcionem água com a qualidade recomendada para o consumo humano. Para atingir este objectivo, construiu-se um dessalinizador de água a partir do bambu (*Bambusa vulgaris*), a escolha desta planta deveu-se à sua capacidade de dessalinizar a água, e sua existência no bairro. A experiência foi aplicada à água de 3 poços do bairro Inhangome, arredores da cidade de Quelimane, tendo sido construído o dispositivo no laboratório de aquacultura da ESCMC-UEM. A pesquisa esteve dividida em duas fases; a primeira visou dessalinizar a água, a segunda teve como foco analisar em laboratório os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água (salinidade, turbidez, pH, nitratos e os coliformes fecais). Para determinar a eficiência do sistema após o processamento, usou-se os cálculos de rendimento e o software Excel para comparar com a água antes e depois da dessalinização. O sistema de dessalinização mostrou-se eficiente tendo reduzido a salinidade da água em 90%, de 3,75‰ a 0,3‰, a turbidez baixou em 93% de 50 UNT a 3,2 UNT, o nitrito de 3,3 mg/l a 2,1 mg/l, nitrato 60,3 mg/l para 45,8 mg/l, coliformes fecais 10 a 4 NMP/100ml. Os resultados da dessalinização mostraram que o sistema dessalinizador de bambu tem a capacidade de transformar a água salgada para valores aceitáveis pelo MISAU para o consumo humano, ainda comprovou que difere dos dessalinizadores tecnologicamente avançados, tendo ainda como vantagem o facto de não produzir uma solução hipersalina.

Palavra-chave: Dessalinização; *Bambusa vulgaris*; água do poço

Abstract

The present work pretends to improve the availability of drinking water in deprived areas, the adoption of treatment systems that are easy to implement at local level, low economic cost and that provide water with a recommended quality for human consumption. To this end, a water desalinator was constructed using bamboo (*Bambusa vulgaris*), which aimed to desalinate 3 wells of drinking water in Inhangome village, outskirts of the city of Quelimane. Desalination was based on bamboo, which is a plant available in the Inhangome community. The project was divided into two phases, the first part consisting of a collection of water and a bamboo preparation for water desalination, the second part was laboratory phase to analyze chemical physical effects (salinity, turbidity, pH, nitrates and fecal coliforms). Calculator of efficiency and excel was used to determine the efficiency of the system after the treatment. The desalination system showed to be efficient having reduced the salinity of the water from 90‰, to 3.75‰ up to 0.3‰, a turbidity decreased 93% from 50 UNT to 3,2 UNT, the nitrite from 3.3 mg/l to 2, 1 mg/l, nitrate 60.3 mg/l to 45.8 mg/l, fecal coliforms 10 NMP/100ml to 4 NMP / 100 ml. The results of the desalinization showed that the system bamboo desalinizator has the capacity to transform her longs for the human ingestion, it still proved that it grants of the desalinizators technologically advanced, still tends as advantage the fact of not producing a solution hypersaline and not use electricity.

Key Words: Desalination, *Bambusa Vulgaris*, wells water

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
ESCMC	Escola Superior De Ciências Marinhas E Costeiras
FAO	Organização Das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação
FIPAG	Fundo de Investimento e Património do Abastecimento de Água
HGQ	Hospital Geral de Quelimane
MISAU	Ministério da Saúde De Moçambique
MT	Metical
NMP/ml	Numero Mais Provável em Milímetros
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OMS	Organização Mundial Da Saúde
PH	Potencial Hidrogeniônico
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
WHO	World Health Organization
cm	Centímetro
%	Porcentagem
‰	Partes Por Mil
°C	Graus Celsius

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fotografia do bambu, ilustrando o aspecto do bambu quando adulto, desde a base até as folhas

Figura 2: A primeira imagem a esquerda ilustra o mapa de Moçambique representado em vermelho a província da Zambézia, a segunda no meio representa a área do distrito de Quelimane e seus respectivos bairros, sendo que Inhangome esta representado em cor verde, a terceira representa o bairro Inhangome e os locais onde foram colhidas a amostras em amarelo.

Figura 3: Esquema da estrutura do dessalinizador de bambu

Figura 4: Imagens dos poços usadas para retirar amostras da água usada pela comunidade de Inhangome

Figura 5: Fotografia ilustrando o dessalinizador de água de bambu em funcionamento, o (balde 1) superior contendo no seu interior água do poço e bambu enquanto o (balde 2) em baixo esta vazio

Figura 6: Salinidade da água extraída de três poços, está representado em (azul) antes e depois e, cor (verde) do tratamento com o dessalinizador de bambu, vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pelo MISAU para salinidade

Figura 7: Representação gráfica do pH da água extraída de três poços, está representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para o pH

Figura 8: Turbidez da água extraída de três poços, esta representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para a turbidez

Figura 9: Nitritos da água extraída de três poços, estão representados em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado

significa o limite máximo permitido pela MISAU para os nitritos

Figura 10. Representação gráfica nitratos da água extraída de três poços, estão representados em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para os nitratos.

Figura 11: Quantidade de coliformes fecais da água extraída de três poços, está representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para os coliformes fecais

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas dos poços onde foram colectadas amostras as amostras de água no bairro Inhangome

Tabela 2. Valores máximos permitidos pelo MISAU para água do poço destinada ao consumo humano.

Tabela 3. Valores dos 3 poços antes e depois do processamento das amostras pelo dessalinizador de bambu.

Tabela 4: Matérias usados construção do sistema de dessalinização

Índice	Página
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Problematização.....	4
1.2. Justificativa.....	5
2. OBJECTIVOS	6
2.1. Geral.....	6
2.2. Especifico	6
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1. Água.....	7
3.2. Água potável.....	7
3.1. Águas subterrâneas	8
3.2. Parâmetros de Medidas de Qualidade da água.....	8
3.2.1. Salinidade	8
3.2.2. pH (Potencial Hidrogeniônico)	9
3.2.3. Série nitrogenada.....	9
3.2.4. Coliformes fecais.....	9
3.2.5. Turbidez.....	10
3.3. Problema de água potável em Moçambique.....	10
3.3. Dessalinização	10
3.4. Técnicas de dessalinização.....	11
3.4.1. Osmose inversa	11
3.4.2. Destilação solar.....	11
3.4.3. Eletrodialise Reversa.....	11
3.4.4. Destilação com membranas	12
3.5. Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>)	12
METODOLOGIAS	14
4. Área do estudo.....	14
4.1. Concepção do sistema.....	15
1º Etapa.....	15
2º Etapa.....	15

4.2. Estrutura do dessalinizador	15
4.3. Colheita de amostras água para dessalinização	16
4.4. Dessalinização da água dos poços	17
1° Etapa	18
2° Etapa	18
4.5. Análises laboratoriais	18
4.5.1. Salinidade	19
4.5.2. pH.....	19
4.5.3. Turbidez.....	20
4.5.3. Teste de Nitritos (NO_2^- mg/l)	20
4.5.4. Testes de nitratos (NO_3^- mg/l)	21
4.5.5. Coliformes fecais	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. Dessalinizador	23
5.2. Nível de Salinidade do poço antes e depois da dessalinização	23
5.3. Nível de pH do poço antes e depois da dessalinização	24
5.4. Níveis da turbidez do poço antes e depois da dessalinização	25
5.5. Análise de compostos nitrogenados	27
5.5.1. Níveis do nitritos (NO_2^- mg/l) do poço antes e depois da dessalinização	27
5.5.2. Níveis do nitrato (NO_3^- mg/l) do poço antes e depois da dessalinização	28
5.6. Comparação dos níveis de Coliformes fecais antes e depois da dessalinização	29
5.7. Avaliação da eficiência do dessalinizador	31
6. CONCLUSÃO	32
7. RECOMENDAÇÕES	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem essencial para o desenvolvimento económico, social e ambiental, mas é também um recurso cada vez mais escasso. Consta-se uma crescente diminuição na sua disponibilidade e qualidade, e as alterações climáticas cada vez mais expressivas acentuam esta necessidade criando actualmente desafios significativos para a sua aquisição (Morrison *et al.*, 2009). A abundância e a carência de água têm tido grandes reflexos na evolução dos povos, estes sempre tiveram tendência a se fixar em locais onde os recursos hídricos fossem abundantes, e de fácil captação, de modo a facultar as suas actividades de sobrevivência (Capp *et al.*, 2012). Na falta de água potável as comunidades afectadas recorrem a águas superficiais tais como: rios, lagoas naturais, oceanos e barragens. As águas subterrâneas (poços e furos) ocorrem de forma natural ou artificialmente no subsolo de forma susceptível a extracção e utilização pelo homem, tendo estas acompanhado o desenvolvimento do homem na terra, estas pela sua natureza são mais protegidas das contaminações do que as águas superficiais, mas pelo facto das actividades realizadas pelo homem como: (o despejo de esgotos, as actividades agro-tóxicas, a piscicultura), quando estas actividades não obedecem as normas ambientais enfraquecem a capacidade da natureza em manter estes reservatórios de água longe dos contaminantes (Costa e Santos, 2000). Isto, deve-se a porosidade do solo e ao ciclo hidrológico da água, estes processos arrastam estas substâncias tóxicas para os aquíferos, estas substâncias podem alterar as quantidades de sólidos suspensos na água, quando isto acontece esta precisa passar por um processo de purificação e de cloração para torná-la não prejudicial ao ser humano (Alfandega, 2010).

A dessalinização é um modo de tratamento eficaz na remoção de uma grande percentagem de sais e elementos patogénicos, prejudiciais à saúde humana, após este tratamento, a água está perfeitamente apta para o consumo humano. A dessalinização obedece processos físicos-químicos capazes de retirarem os sais presentes na água dos poços, mares e oceanos para produção de água potável. Países do Oriente médio (Arabia Saudita, Singapura, Israel), a Austrália, o Caribe, e os Estados Unidos da América são os que mais produzem água potável a partir da dessalinização da água do mar (WHO, 2007)

Moçambique possui uma deficiente capacidade de distribuição deste líquido precioso a sua população. Tendo em vista o desejo de satisfazer as suas necessidades diárias as populações recorrem a meios alternativos para a obtenção da água, sendo esta muitas vezes de má qualidade.

A construção de poços de água tem sido uma das vias alternativas mais usadas nas zonas rurais na obtenção da água para o consumo humano e outros fins. Tendo em conta a escassez da água potável, a dessalinização para produção de água potável é uma técnica cada vez mais estudada e utilizada em regiões de grande stress hídrico. Moçambique encontra-se ainda em uma fase embrionária no uso de tecnologias avançadas de dessalinização da água salgada, um projecto piloto de montagem de um sistema de dessalinização a base de plantas esta a decorrer em Nacala, este projecto é uma cooperação com os governos do Israel e Japão (JNM, 2016).

Este trabalho concentra-se na satisfação do desejo, de tornar a água salobra dos poços de Inhangome em água dessalinizada, respeitando os parâmetros recomendados pelo MISAU, para o consumo humano na comunidade de Inhangome, a partir do dessalinizador de água salgada feito de bambu.

1.1. Problematização

Cerca de 25% da população mundial não tem acesso água potável suficiente e de qualidade. Mais de 80 países encontram-se com graves problemas de acesso água para as suas necessidades diárias (Guerreiro, 2009).

A escassez de água, seja quantitativa ou qualitativa, tem sido uma constante preocupação ao longo da História do nosso país e em particular a província da Zambézia, este cenário deve-se a persistente ausência de precipitações, no mínimo razoável para os rios e caudais subterrâneos, tem feito com que as populações de alguns distritos atravessem longos períodos críticos com a insuficiência de água doce.

Tendo em conta que o sistema de abastecimento de água potável não é suficiente para fornecer este bem a todos os bairros desta urbe, e ciente de que a população acaba recorrendo a fontes alternativas para a obtenção do precioso liquido, tais como: rios e poços de água, a maioria dos poços das muitas comunidades são de água salobre, isto deve-se a localização geográfica da cidade e ao tipo de solo, daí que surge a necessidade de encontrar soluções na minimização dos bairros afectados na melhoria de disponibilização de água potável.

A população do bairro Inhangome deve percorrer cerca de uma hora e trinta minutos em média de ida e volta, incluindo o tempo de espera na fila para a obtenção da água, esta que é captada no furo de água mais próximo, situado junto a ponte de Chuabo Dembe para Inhangome, Para

obtenção da água do furo a população tem de pagar 5 MT por bidão de 25 litros e como agravante da situação o fornecimento da água é sazonal.

Assim maior parte da população do bairro Inhangome acaba consumindo água dos poços sem nenhum tratamento prévio, e não menos importante é pelo facto destes poços de água não terem nenhuma estrutura mínima de protecção contra contaminação externa, o que acaba sendo um grande vector de transmissão de doenças providas pela água de péssimas condições dos poços.

1.2. Justificativa

Mesmo nos domicílios que usufruem da água potável fornecida pela rede pública, por questões económicas e culturais, é comum a utilização da água do poço, sendo que estas são consumidas sem nenhum tipo de tratamento prévio, a presença de agentes patogénicos torna a água imprópria para o consumo humano.

Considerando a actual escassez de água potável no bairro Inhangome, e tomando em conta a recomendação da WHO em que a água que se gaste acima de trinta minutos na sua obtenção é considerada não viável (WHO, 2007). Emergiu a necessidade de equacionar-se a água salobre, devidamente tratada localmente usando material local e de baixo custo, como recurso viável para consumo humano e usos domésticos desta comunidade.

Tendo em conta a cada vez maior consciencialização dos benefícios económicos, sugeriu-se o tratamento da água localmente. O destilador de bambu surge como um dos meios alternativos de viabilização do uso dessas águas na obtenção de água potável para consumo humano e outros fins, a nível familiar e comunitária (Limas, 2014). Para além de trazer solução para a comunidade viáveis economicamente e na gestão do tempo, esta tecnologia trás benefícios ecológicos porque não tem um índice de poluição considerável, sendo da classe C, artigo 3, alínea C do regulamento do impacto ambiental de Moçambique (Boletim da República, 2004).

2. OBJECTIVOS

2.1. Geral

- Avaliar a dessalinização da água dos poços de Inhangome usando o bambu (*Bambusa vulgaris*).

2.2. Especifico

- Conceber o sistema de dessalinização da água usando bambu (*Bambusa vulgaris*).
- Comparar os parâmetros de qualidade da água dessalinizada em relação aos parâmetros recomendados pela MISAU.
- Determinar a eficiência do sistema de dessalinização de bambu.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Água

O nosso planeta é coberto por água 75% da superfície, este possui um suprimento abundante de água, calculado em cerca de 1392 milhões de quilómetros cúbicos de água líquida (FAO, 2007). O total de água doce no nosso planeta, corresponde a 40×10^{15} de litros, ou seja 3% de toda água da Terra, os 97% restantes são de água salgada, onde 2% fazem parte da calota glacial, esta não disponível na forma líquida, portanto, verdadeiramente apenas 1% do total de água do planeta é de água doce na forma líquida, incluindo-se as águas dos rios, dos lagos e as subterrâneas (Guerreiro, 2009). Estima-se que apenas 0,02 % deste total corresponda à disponibilidade efectiva de água doce com a qual pode a humanidade contar, em termos médios e globais, para sustentar-se e atender às necessidades ambientais das outras formas de vida, das quais não pode prescindir (Gomes, 2005). Sendo que os rios e lagos contribuem com cerca de 0.01% e as águas subterrâneas com cerca de 0.29% (Costa, 2012).

Água é um bem de primeira necessidade, constituindo-se um recurso de uso comum, é utilizada quotidianamente, para hidratação humana e de animais, preparo de alimentos, higiene e asseio corporal, limpeza doméstica, descarga de vasos sanitários, entre outros usos importantes (Soto, 2006).

A água pode veicular um elevado número de enfermidades, essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos. O mecanismo de transmissão de doenças mais comumente lembrado e directamente relacionado a qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um individuo sadio ingere água que contenha componente nocivo a saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença (Capp *et al.*, 2012).

3.2. Água potável

A água potável pode ser definida como água para consumo humano cujos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e radioactivos atendam ao padrão de potabilidade e não ofereçam riscos à saúde, definido pelos valores máximos permissíveis estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde ou Ministério da Saúde, garantindo com segurança, o fornecimento de água tratada de boa qualidade com concentrações mínimas de constituintes, conhecidos por serem perigosos à saúde (D'aguila *et al.*, 2000).

O regulamento sobre a qualidade de água para o consumo humano em Moçambique foi decretado pelo MISAU pelo Diploma Ministerial nº180/2004 (MISAU, 2004). Para que a água subterrânea seja considerada potável, é necessária a realização de análises microbiológicas e físico-químicas, a fim de verificar se ela está dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos nas normas vigentes no País (Celligoi, 1999).

Para efeito de controle básico, os parâmetros de qualidade de água para consumo humano são: odor, sabor, cor aparente, turbidez, presença de organismos indicadores de patógenos (bactérias do grupo coliforme) e componentes da matriz salina (Parron *et al.*, 2012).

3.1. Águas subterrâneas

As águas subterrâneas são a face oculta do ciclo hidrológico, este não tem princípio nem fim, sendo um processo constante e interminável através do qual a água movimenta-se da atmosfera para o solo, tendo a ajuda da força de gravidade e por via das rochas porosas esta desce até acumular-se no subsolo (Espada, 2014). A maioria das águas subterrâneas está por norma, suficientemente protegida de forma a não necessitar de qualquer tipo de tratamento, ou necessitar apenas de desinfecção no entanto as águas subterrâneas podem ser contaminadas por meio da infiltração oriunda de fossas e pelo escoamento superficial da água da chuva em contacto com o esgoto lançado a céu aberto (WHO, 2007).

Já os poços de águas subterrâneas são recursos naturais utilizados tradicionalmente para abastecer grande parte da população em áreas rurais, e também nas cidades que não oferecem acesso à rede pública de abastecimento ou o abastecimento é irregular, estes são buracos de pouca profundidade (1-15m), com um diâmetro maior de 50cm, feitos manualmente até atingir as águas subterrâneas e podem ter protecção interna ou não (MISAU, 2004)

3.2. Parâmetros de Medidas de Qualidade da água

3.2.1. Salinidade

A salinidade é a quantidade de sais dissolvidos em massas de água naturais, como sejam em oceano, um lago, um estuário, ou um aquífero, a unidade actualmente usada é g/kg, que equivale a partes por mil, cujo símbolo é ‰ (Conama, 1996). As fontes de água doces tem a salinidade inferior ou igual a 0,5‰, encontram-se neste grupo os rios, lagos e ribeiras. A água com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ são chamadas de salobras, tem aparência turva e

possui grande quantidade de substâncias dissolvidas, é encontrada facilmente em estuários. Enquanto as águas salinas ou salgadas possuem a salinidade superior a 30‰, água do mar (Guerreiro, 2009).

3.2.2. pH (Potencial Hidrogeniônico)

O pH é uma característica de todas as substâncias, determinado pela concentração de íons de Hidrogénio (H^+). Os valores variam de 0 a 14, sendo que valores de 0 a 7 são considerados ácidos, valores em torno de 7 são neutros e valores acima de 7 são denominados básicos ou alcalinos. Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H^+ e menor a concentração de íons OH^- (Neto e Areco, 2012). O pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica, o tipo de solo por onde a água percorreu e indica a acidez ou a alcalinidade da solução. A água com pH baixo, isto é, ácida, é corrosiva; já águas com pH elevado ou alcalino são incrustativas (Matheus *et al.*, 1995)

3.2.3. Série nitrogenada

O ciclo do nitrogénio conta com a intensa participação de bactérias, tanto no processo de nitrificação (oxidação bacteriana do amónio a nitrito e deste a nitrato), quanto no de desnitrificação (redução bacteriana do nitrato ao gás nitrogénio).

No meio aquático, o elemento químico nitrogénio pode ser encontrado sob diversas formas: Nitrogénio molecular (N_2), Nitrogénio orgânico, Íon amónio (NH_4), Íon nitrito (NO_2^-), Íon nitrato (NO_3^-). Íon nitrito (NO_2^-): forma intermediária do processo de oxidação, apresentando uma forte instabilidade no meio aquoso; Íon nitrato (NO_3^-): forma oxidada de nitrogénio, encontrada em condições de aerobiose (FUNASA, 2014).

3.2.4. Coliformes fecais

O grupo dos coliformes fecais compreende o *gênero Escherichia* e, em menor extensão, espécies de *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Enterobacter*. Apesar da denominação, o grupo acaba também por incluir bactérias de origem não exclusivamente fecal, embora em proporção bem menor que o grupo dos coliformes totais. Algumas espécies são encontradas em águas ricas em matéria orgânica, efluentes industriais (Cleasby, 1990).

3.2.5. Turbidez

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas). A turbidez dos corpos d'água é particularmente alta em regiões com solos erosivos, onde a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo (Eckhardt, 2009).

3.3. Problema de água potável em Moçambique

Segundo a Organização Mundial de saúde e do fundo das nações unidas para a infância (UNICEF) cada pessoa precisa de no mínimo 20 litros de água por dia para manter o seu bem-estar físico e higiene pessoal, mas em Moçambique a maior parte da população tem menos de 10 litros de água por dia. Moçambique, República Democrática do Congo e Papua Nova Guiné são os três países onde mais da metade da população não têm água potável para beber (ONU, 2015). Nas zonas rurais de Moçambique, os cidadãos pobres são os que mais sofrem da privação do que é um direito humano básico em que menos de 3% tem acesso a esta água, as outras recorrem a águas locais que estão a sua ribeirinha e poços, muita das vezes é imprópria ao consumo humano, sendo salgada ou mesmo impura usada para confissões de alimentos e uso sustentável (UNICEF, 2008). O consumo de águas impróprias para o ser humano na província da Zambézia, afectou no ano de 2015 cerca de 100 mil pessoas em doenças diarreicas e cólera (Verdade, 2013).

3.3. Dessalinização

A dessalinização consiste na remoção ou redução da concentração de sais e sólidos dissolvidos na água salgada para obter água doce. Para além da remoção de minerais, este processo, remove ainda outros componentes químicos, orgânicos e biológicos. A dessalinização consiste numa forma de tratamento de água que se encontra em forte expansão e com um futuro promissor (Araújo, 2013). Parte do aumento estimado deve-se sobretudo ao grande avanço nas tecnologias de dessalinização, cada vez mais eficazes, que permitem uma redução acentuada do preço do metro cúbico de água tratado, sendo a osmose inversa, o processo mais utilizado com recurso à

tecnologia das membranas, os impactes ambientais e económicos são os principais problemas (Guerreiro, 2009). Globalmente apenas 0,3% do consumo total mundial de água doce provém de unidades de dessalinização (Cooley *et al.*, 2006).

3.4. Técnicas de dessalinização

A escassez de água é, cada vez mais, um problema actual e afecta já vários sectores da sociedade, ameaçando também a sustentabilidade ambiental e como resposta, tem surgido a dessalinização enquanto técnica de tratamento de água, as técnicas mais usadas são: osmose inversa, destilação solar, eletrodiálise reversa, destilação com membranas (Araújo, 2013)

3.4.1. Osmose inversa

A osmose é o nome atribuído ao movimento da água entre meios com concentrações diferentes de solutos, separados por uma membrana semipermeável. A osmose inversa é precisamente o processo inverso, neste caso a água passará por uma membrana do sentido hipertónico para hipotónico. A osmose inversa é um processo bastante eficiente para remover sólidos dissolvidos (TDS) com concentrações acima de 45‰ (Younos, 2005).

3.4.2. Destilação solar

Esse sistema de dessalinização consiste, basicamente, em destilar a água a partir da radiação solar em pressão ambiente. É, até onde se sabe, o sistema mais antigo de dessalinização utilizado pelo homem devido sua simplicidade e facilidade de montagem/obtenção de materiais para a operação (Hamed *et al.*, 1993).

3.4.3. Eletrodiálise Reversa

A Eletrodiálise Reversa é um processo onde os íons presentes na água são retirados por atracção eléctrica. Desta forma, água salgada é adicionada ao sistema e devido à um potencial eléctrico gerado por um cátodo e um ânodo, os íons são separados, por membranas permeáveis a cátions e permeáveis à ânions alternadamente, de uma parcela de água que permanece dessalinizada. Assim, com o passar do tempo alguns compartimentos contém água doce enquanto outros contém água salgada (Santos, 2005)

3.4.4. Destilação com membranas

A destilação com membranas consiste basicamente na utilização de uma membrana hidrófoba, ou seja, selectiva aos estados físicos da água (líquida e vapor). Assim, aquece-se a solução salina que evapora e assim passa pela membrana. Sequencialmente, condensa e não retorna à solução original visto que a membrana não permite, sendo então colectada a água doce (Achilli *et al.*, 2010).

3.5. Bambu (*Bambusa vulgaris*)

O bambu tal como outras plantas pertence ao reino vegetal, sendo da família Gramineae. Na subfamília Bambusodeae, existem mais de mil espécies espalhadas pelo mundo, entre África, Asia, Oceânia, e América, excepto na Europa, sendo que 62% das espécies são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceânia. A planta (*B. vulgares*) (Figura 1) é de origem chinesa, pode atingir cerca de 15 metros de altura na idade adulta (4 anos), cresce geralmente em climas tropicais, com capacidade de suportar até temperaturas -2°C , tem um diâmetro em media de cerca de 12 cm, com folhas verdes (Vascosenllos, 2004).

A estrutura anatómica na seção transversal do colmo é apresentada por numerosos feixes fibro vasculares envolvidos por um tecido parenquimático fundamental constituído por: vasos, elementos crivados com células companheiras e cordões de esclerênquima formando os feixes fibro vasculares; e fibras, formando as bainhas das fibras (Tomazello e Azzini, 1987).

Quando analisado o colmo em microscópio verifica se a existência de: vasos condutores: são vasos que conduzem a água e a seiva que devem ser distribuídos por todas partes da planta.

Fibras: são células mais rígidas que podem chegar a poucos milímetros de comprimentos, e ficam ao redor dos vasos condutores, protegendo-os. São as fibras que são responsáveis pela resistência do bambu.

Parênquima: são as células que preenchem o espaço restante da parede do colmo.

Lignina: é substância que une todos esses elementos. O parênquima e a lignina são os responsáveis pela flexibilidade do colmo de bambu.

A composição química do bambu se assemelha à da madeira em geral, os principais constituintes químicos macromoleculares dos colmos são celulose ($\pm 55\%$), lignina ($\pm 25\%$) e hemicelulose

(pentoses) ($\pm 20\%$), em menor escala, resinas, tanino (ácido tânico), as ceras e os sais orgânicos. (Higuchi, 1981)



Figura 1: Fotografia do bambu, ilustrando o aspecto do bambu quando adulto, desde a base até as folhas.

METODOLOGIAS

4. Área do estudo

O presente estudo foi feito na base de amostras de águas colhidas no bairro de Inhangome (Figura 1) que situa se a 7 km a noroeste da cidade de Quelimane nas coordenadas (17°53'.63"S, 36°50'07.84"E). Apesar desta zona estar semi-rodado de três ramificações do canal de Chuabo Dembe, a sul o bairro tem a prolongação do estuário dos Bons Sinais. A população residente neste bairro sofre árduas dificuldades de acesso a água potável. O bairro Inhangome é rico em vegetação de mangal e tem um solo argiloso, com temperaturas médias de 30°C, um clima tropical húmido. A sua localização geográfica e o tipo de solo, concedem aos seus reservatórios subterrâneos água rica em sais minerais que carecem de uma dessalinização. A comunidade de Inhangome é maioritariamente constituída por pescadores e agricultores com uma população estimada em mais de 1000 habitantes, sendo a maioria do sexo feminino (Lalá, 2013).

A fonte de água potável está a 7 km e os poços existentes neste bairro apresentam água salobre. O clima desta região tem uma temperatura média de 25.7°C, humidade relativa de 74,9 (%). e a precipitação média anual é cerca de 72,1mm (INAM, 2014)

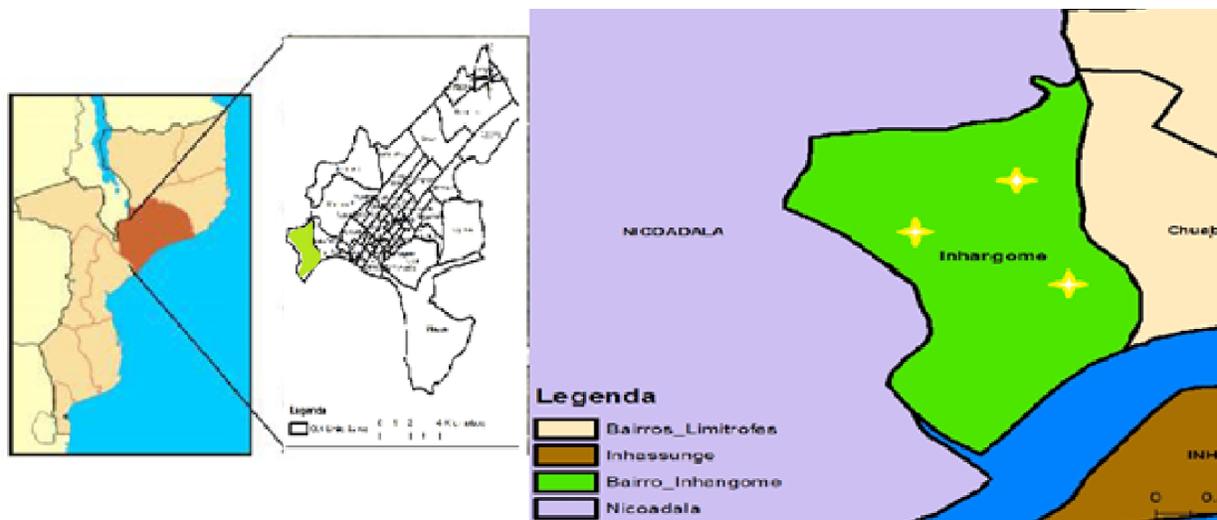


Figura 2: A primeira imagem a esquerda ilustra o mapa de Moçambique representado em vermelho a província da Zambézia, a segunda no meio representa a área do distrito de Quelimane e seus respectivos bairros, sendo que Inhangome esta representado em cor verde, a terceira representa o bairro Inhangome e os locais onde foram colhidas a amostras em amarelo.

Fonte: ArcGIS, ArcMAP 10.1

4.1. Concepção do sistema

Devido a localização geográfica do bairro Inhangome (Figura 1) perante o centro da cidade, o que torna esta comunidade excluída dos serviços de abastecimento de água da rede pública de distribuição. O sistema de dessalinização foi concebido ao alcance financeiro do residente do bairro Inhangome e com recursos locais.

1º Etapa

Foram adquiridas amostras de bambu (*B. vulgaris*) com cerca de 3m de comprimento (como requisito, o bambu não devia estar seco), seguidamente o bambu foi limpo de modo a remover as ramificações, restando apenas o caule, para este efeito usou o serrote, em seguida o caule foi dividido em pequenas porções de cerca de 20 a 30cm.

2º Etapa

Foram obtidos dois baldes transparentes de 20 litros, em que foi usada uma chave de fenda aquecida na brasa para furar um diâmetro de 3cm a uma altura de 8cm da base dos baldes e nas tampas, orifícios que permitissem a entrada dos tubos $\frac{3}{4}$, colocaram se os baldes (1) sob uma estrutura de madeira a uma altura de 1,20m, para que permitissem o escoamento da água por gravidade para o balde (2) o de baixo, sendo estes vasos comunicantes, garantiu se que a pressão fosse boa, foram colocados filtros nas saídas dos tubos dos baldes.

4.2. Estrutura do dessalinizador

O princípio de funcionamento deste sistema de dessalinização (Figura 4) é similar ao da osmose inversa, sendo montado em forma de vasos comunicantes o aumento da temperatura faz com que haja aumento da viscosidade da água o que diminui o fluxo de água dessalinizada. Logo, para que se consiga aumento de eficiência, é conveniente usar-se a água pré-filtrada usando um pano limpo e evitar as temperaturas elevadas.

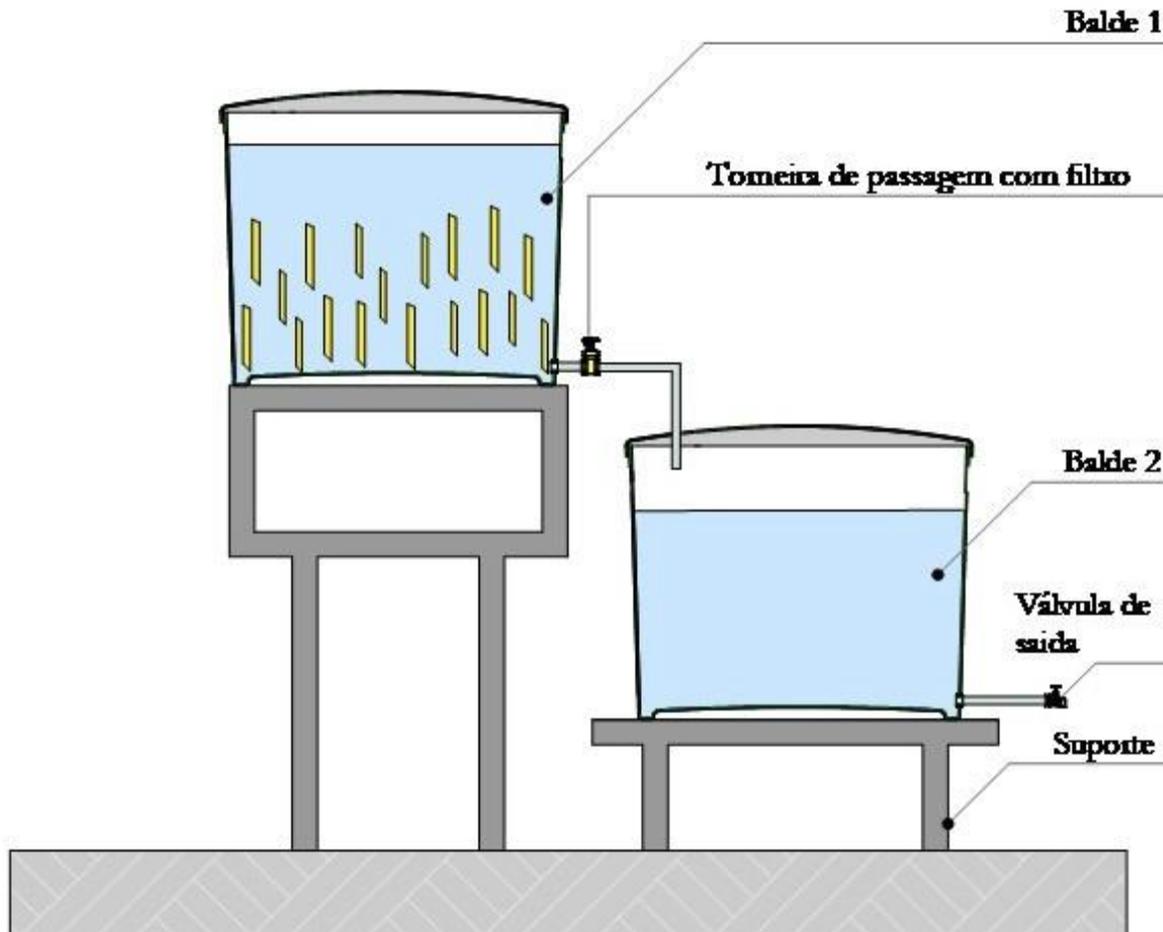


Figura 3: Esquema da estrutura do dessalinizador de bambu.

4.3. Colheita de amostras água para dessalinização

As amostras de água foram colectadas no mês de Setembro de 2016, em três diferentes poços do bairro Inhangome conforme a (Tabela 1 e Figura 2). Para retirar as amostras, foi usada uma corda amarada a uma garrafa de 5 litros. Teve se em conta a escolha de um dia em que não se previa precipitação de modo a evitar a alteração da qualidade da água, por novos escoamentos, o que poderia produzir resultados não muito confiáveis, foram colectadas 12 amostras em que cada poço colheu se 20 litros em garrafas de 5 litros garrafas, para não alterar as suas propriedades foram colocadas em uma caixa climatizada, previamente rotuladas com o numero do poço, data e hora, transportadas ao laboratório de aquacultura da ESCMC

O bambu (*B vulgaris*) foi colhido no mesmo bairro Inhangome (Figura 1 e 2) em uma plantação natural, com ajuda de uma bicicleta foi transportado até a ESCMC onde foi limpo e dividido os seus colmos.

Tabela 1. Coordenadas dos poços onde foram colectadas amostras as amostras de água no bairro Inhangome

Numero do poço	Coordenadas	
	Latitude	Longitude
Poço n° 1	17°53'.16,42''S	36°50'1,7.84''E
Poço n° 2	17°53'.15,88''S	36°49'58.83''E
Poço n° 3	17°53'.13,71''S	36°40'0,56''E



Figura 4: Imagens dos poços usadas para retirar amostras da água usada pela comunidade de Inhangome.

4.4. Dessalinização da água dos poços

O tratamento das amostras consistiu no processamento das suas características físico-químicas e bacteriológicas da água de modo que esta torne-se adequada ao consumo humano. Houve a necessidade de dividir o processo de dessalinização em duas etapas de tratamento para aumentar

a eficácia do sistema. Assim sendo a primeira fase consistiu na dessalinização de sais dissolvidos na água, enquanto a segunda fase concentrou se na remoção do material suspenso.

1º Etapa

Nesta fase foram levados ao dessalinizador os caules de bambu já preparados de acordo com o procedimento descrito na segunda etapa da concepção do sistema (ponto 4.1), os caules foram depositados no balde 1 do dessalinizador, em seguida adicionou se a água salobre no balde que continha o bambu. Mexeu se a água e deixou se em repouso por um período de 24 horas de modo que ocorre-se a dessalinização, após este período abriu se a válvula de passagem de modo a permitir a passagem da água para o balde 2.

2º Etapa

Depois da água passar para o balde 2, aguardou se por um período de 30 minutos para permitir a deposição dos resíduos no fundo do balde, lentamente abriu se a torneira para permitir a passagem da água ao recipiente em que fez se filtração a partir de um tecido de polyester. Após este processo a água foi analisada nos laboratório da HGQ e FIPAG.

4.5. Análises laboratoriais

A análise das amostras foi feita de modo a verificar a confiabilidade do bambu na dessalinização e redução de pantogenos que prejudicam a saúde humana, usou se os 5 parâmetros abaixo mais recomendados na vigilância de qualidades de água de domínio público do decreto Ministerial nº 180/2004 de 15 de Setembro, da Lei de Águas Moçambicana no nº 16/91, de 3 de Agosto, nomeadamente: pH, turbidez, nitritos, nitratos, e coliformes. Para estas análises usaram se os métodos abaixo descritos para cada parâmetro, e analisados tendo em conta a tabela 3.

Tabela 2. Valores máximos permitidos pelo MISAU para água do poço destinada ao consumo humano.

Parâmetros	Salinidade (‰)	PH	Turvação (UNT)	Nitritos NO ₂ ⁻ (mg/l)	Nitratos NO ₃ ⁻ (mg/l)	Coliformes fecais (NMP/100ml)
Máximo	<0,5	6,5_9	<5	3	50	0_10

4.5.1. Salinidade

Para a análise do grau da salinidade usou se dois instrumentos um que foi usado in loco (refratómetro) e outro usado em laboratório salinómetro da marca Tlutron yk-31SA este ultimo fi fornecido pelo laboratório da FIPAG. O refratómetro abre se a tampa de plástico, limpa se com água destilada a parte do vidro azul, coloca-se usando o conta conta-gotas 2 a 3 gotas na área do vidro, fecha-se a tampa plástica e pressionou se no olho a parte ocular, em direcção a uma fonte de luz. Para o salinómetro, foi limpo o eléctrodo com água destilada e depois ligado e deixado por segundos a calibrar e depois submeter ao recipiente com a amostra, este imediatamente da o resultado do valor da salinidade contida na amostra.

Analise da qualidade de água depois da dessalinização

$$\eta = \frac{\Delta S}{S_a} \times 100\%$$

I. Equação

η → Rendimento

ΔS → Variação media da salinidade

S_a → Média da salinidade antes da dessalinização

S_d → Media da salinidade depois da dessalinização

$$\Delta S = S_a - S_d$$

II. Equação

4.5.2. pH

Para a determinação do pH no laboratório da FIPAG, usou se o pH METRO WE 30010, em que foram colocadas as amostras em copos graduados de 1000 ml, sendo que deitou se uma quantidade de 50 ml no copo, após isso ligou se o instrumento e limpou-se o eléctrodo durante uma hora para remover os sais. Aguardou-se em torno de 1 minuto até que este calibra-se, introduziu-se o eléctrodo num período de 2 minutos, digitou-se a tecla HOL o aparelho mostrou os valores do pH para cada amostra.

4.5.3. Turbidez

A análise da turbidez foi feita usando o Protrakit WE 100300, no laboratório da FIPAG e tendo sido usado a tabela de limites máximos da saúde para a sua comparação do antes e depois da dessalinização. Após bem lavado o tubo e lubrificadas as ligações, colocou-se a amostra de água previamente agitada já no tubo e aguardou se o desaparecimento do X, a leitura foi feita de cima para baixo numa escala que varia de 500 a 5 em NTU.

Cálculos da turbidez

$$E = \frac{\Delta T}{T_a} \times 100\%$$

III. Equação

$$\Delta T = T_a - T_d$$

IV. Equação

E → Eficiência

ΔT → Variação média da turbidez

CT → Média da turbidez antes da dessalinização

CT → Média da turbidez depois da dessalinização

4.5.3. Teste de Nitritos (NO_2^- mg/l)

A determinação de nitritos nas amostras de água foi feita no laboratório do HGQ e obedeceram os seguintes passos:

Selecionou-se o disco de comparação para o parâmetro de nitritos que é (CD-109), inseriu-se o disco no comparador (Loviband), em dois tubos de teste (coveta) 1 e 2 colocou-se 10ml de água em análise, no primeiro tubo (coveta) colocou-se água sem os reactivos (branco), no tubo dois colocou-se água, os reactivos, (um comprimido Nitricol e esmagar para dissolver), aguardou-se reagir para dissolver a cor durante 10 minutos. Os dois tubos (covetas 1 e 2) foram colocados no comparador de cor, a coveta 1 no lado esquerdo e a (coveta 2) no lado direito. Girou-se o disco de modo que as cores ficassem homogêneas. Após a homogeneização leu-se o valor do parâmetro nitrito que vem em mg/l de N, para o cálculo usou-se a seguinte fórmula: $\text{NO}_2 = \text{mg/l de N} \times 3.3$.

4.5.4. Testes de nitratos (NO₃⁻ mg/l)

Na determinação de nitratos foi feita no laboratório do HGQ, escolheu se o disco de comparação para o parâmetro em análise- Nitratos (CD-163), acoplou-se o disco a comparador (Lovibond), a cada coveta semelhantemente dos passos seguidos no nitrito aplicam se os mesmos apenas respeitando a quantidade de ter que colocar 20ml da água em análise ou uma porção diluída com água destilada (desionizada). Adicionou se uma colher de nitratesr power e um comprimido nitratest, tendo se deixado em repouso em local que não sofresse nenhuma agitação durante 1 minuto, inverteu se 4 vezes e deixou se sedimentar por 10 minutos. Até chegar se a leitura do resultado segue-se os passos já descritos nos nitritos e lê se o resultado que vem em mg/l de .

Calculo: mg/l de NO₃=de n x 4.4.

4.5.5. Coliformes fecais

A contagem dos coliformes começou pela distribuição do meio de cultura (3ml de MSLB) para cada almofada, previamente assinaladas, tapou se as placas para evitar a contaminação. Fez se a filtração para aumentar a concentração dos microorganismos na membrana filtrante, esterilizou se o sistema de filtração com 2ml de metanol. Usando um esqueiro acendeu se de modo a produzir um gás que elimina se os microorganismos, isto aconteceu dentro dum copo apropriado, filtrou se 100ml da amostra, esterilizou se a pinça com esqueiro, embebedou se a placa e levou se a incubadora por 24horas a 37°C, No fim desta foram observados os pontos doirados que representam a presença de coliformes.

$N^{\circ} = (N^{\circ} \text{ de colónias contadas a } 44^{\circ} \times 100) / (n^{\circ} \text{ ml volume de água filtrada.})$

Calculo da eficiência na redução de coliformes

$$E = \frac{\Delta C}{C_a} \times 100\%$$

V. Equação

E → Eficiência

ΔC → Variação media dos coliformes

Ca → Média dos coliformes antes da dessalinização

Cd → Media dos coliformes depois da dessalinização.

$$\Delta C = C_a - C_d$$

VI. Equação

4.6. Tratamento de Dados

Foi usada a folha de calculo do “Microsoft Excel 2013” para a organização e armazenamento de dados, Os resultados foram apresentados sob forma de gráficos e tabelas.

Para os cálculos de rendimento e eficiência do sistema de dessalinização da água dos poços de Inhangome após o processamento usou se as equações descritas no (ponto 4.5), conforme sugerido por Almeida e Ucker (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5. Dessalinizador

Na montagem do sistema teve se como base material que pudesse ser obtido localmente, o dessalinizador é composto por material plástico que pode ser novo ou reciclado, ao passo que o bambu é uma planta natural que cresce no bairro Inhangome, a construção deste sistema chega a custar no máximo 500Mt.



Figura 5: Fotografia ilustrando o dessalinizador de água de bambu em funcionamento, o (balde 1) superior contendo no seu interior água do poço e bambu enquanto o (balde 2) em baixo esta vazio.

5.2. Nível de Salinidade do poço antes e depois da dessalinização

A salinidade da água apresentou valores ligeiramente elevados nos três poços (P1, P2, P3) onde foram colhidas as amostras, estes estiveram acima do que é permitido no regulamento da WHO e pela MISAU (0,5‰ máximo) para águas com finalidades do consumo humano. Antes do tratamento da água usando dessalinizador foram registados valores de 8,3‰ no P1; P2 7,8‰ P3 9,2‰. Depois do processamento a remoção do sal usando dessalinizador a base de bambu, a salinidade da água baixou até atingir níveis aceitáveis para o consumo humano 0,4‰ para as amostras dos poços 1 e 3 enquanto o poço 2 teve 0,3‰ (Figura 8).

Limas (2014), estudou a dessalinização da água do mar usando um sistema baseado no bambu, reportou ter obtido uma eficiência de água dessalinizada em cerca 98% em 1000m³, estes níveis de dessalinização foram superiores aos encontrados neste estudo, este facto pode estar associado a qualidade do bambu e ao seu dispositivo de dessalinização.

O estudo de Souza e Andrade (2000) relatou que a diferença de salinidade de poços próximos pode estar associada a direcção do fluxo de recarga, a qualidade da água de infiltração, o tempo de residência, a estação do ano, este facto que observa se nos 3 poços em que foram colectadas as amostras.

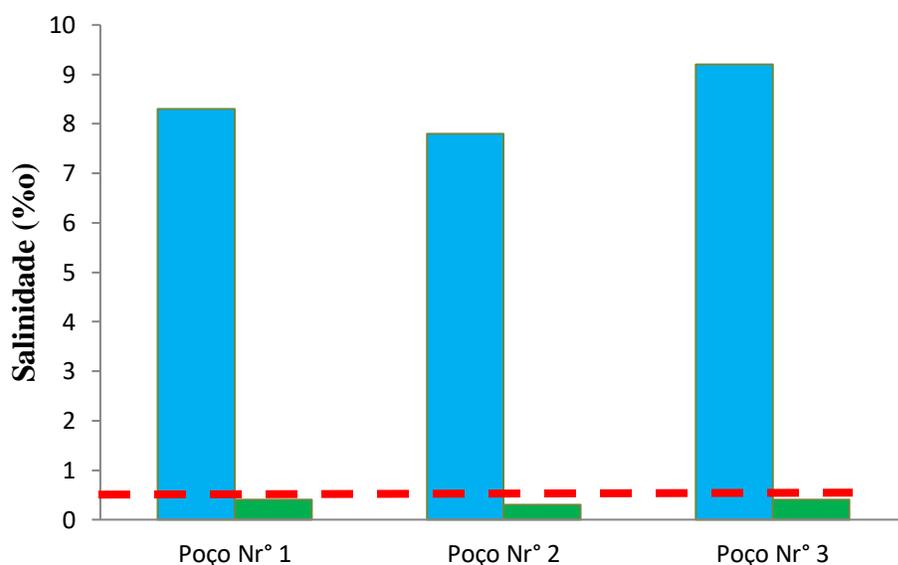


Gráfico 8: Salinidade da água extraída de três poços, está representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para a salinidade.

5.3. Nível de pH do poço antes e depois da dessalinização

Para o pH observou se os seguintes valores antes do processamento da água com o dessalinizador: 8,2 no P1; P2 8,09; P3 8,11. Após o processamento da água com o dessalinizador de bambu, o pH apresentou os seguintes valores: 7,6 no P1; P2 7,7; P3 8 (Figura 9). Antes do processamento a água apresentou se na faixa das águas alcalinas, após o processamento com o dessalinizador de bambu a água dos poços 1 e 2 passou a neutra, tendo permanecido na faixa das águas alcalinas o poço 3.

Estes valores estão dentro do intervalo considerado como faixa óptima recomendada pelo MISAU (pH 6 a 9), é tido como um intervalo de pH da água apropriada para fins de consumo directa do ser humano como sendo ideal.

Considerando esta faixa, em termos de nível de pH todos poços do bairro Inhangome em que foram colectadas as amostras, são tidos como poços que fornecem água apropriada para o ser humano consumir.

Brasília (2006) estudou sobre vigilância e qualidade da água para o consumo humano em Brasília, reportou que a redução do pH da água pode dever-se ao tempo de residência em que devido a presença do ácido húmico nas plantas este possa baixar. Pelo facto do bambu pertencer ao reino das plantas acredita-se que o ácido húmico presente no bambu tenha influenciado na redução deste a níveis neutros.

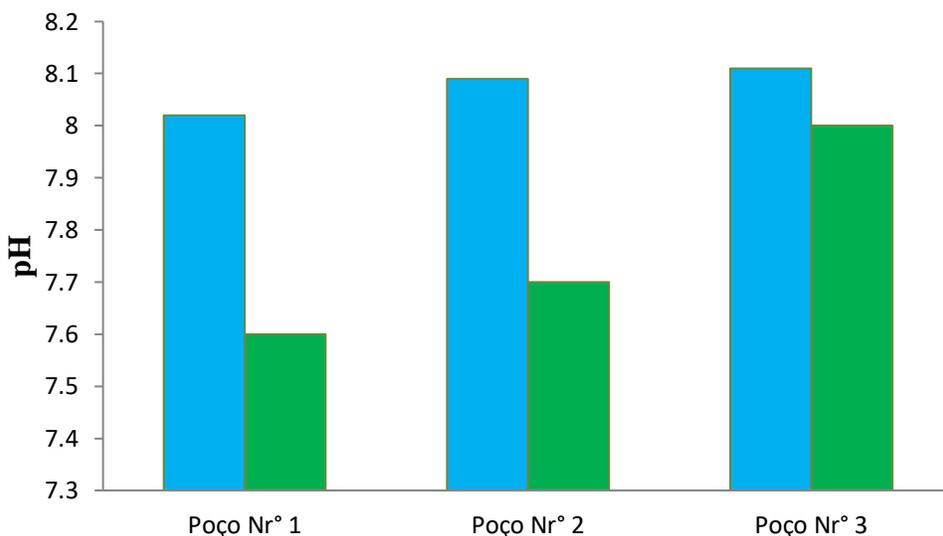


Figura 9: Representação gráfica do pH da água extraída de três poços, está representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para o pH.

5.4. Níveis da turbidez do poço antes e depois da dessalinização

Para a turbidez antes do processamento da água com o dessalinizador de bambu foram encontrados os seguintes valores 43NTU P1; P2 36NTU; P3 71NTU, após o tratamento pelo dessalinizador os valores registados de turbidez foram 1,39NTU P1; P2 3NTU; P3 6NTU (Figura 10).

Todos poços em estudo antes do processamento apresentavam uma qualidade de água não recomendável para o consumo do ser humano, sabendo que a MISAU recomenda para este parâmetro um valor máximo de 5, tendo se registado o valor mínimo no segundo poço e a máxima no terceiro poço.

O alto índice de turbidez do terceiro poço antes do processamento em relação aos outros dois, pode estar associado ao facto de este ser mais aberto o que confere-lhe um diâmetro maior, seu declive ser mais acentuado com uma profundidade maior do que os outros 2, rodeado de árvores e a má construção destes poços. Estes factos aumentam a probabilidade de entrada de novos sedimentos (areia, silte) trazidos pelas poeiras, desmoronamento de terra ao redor do poço e decomposição das folhas das árvores. A rara limpeza constitui um outro agravante de turbidez, este sistema não conseguiu reduzir a turbidez do poço três a valores aceites pelo MISAU.

Segundo o estudo efectuado por Alfandega (2010) purificação da água nos poços de Inhangome, detectou que o registo máximo da turbidez antes do tratamento com seu sistema foi 976 UNT, este resultado está muito acima do apresentado no presente trabalho. Certamente este facto deve-se a localização, as condições estruturais dos poços, a época do ano em que estas foram colectadas, visto que foi após uma queda pluviométrica.

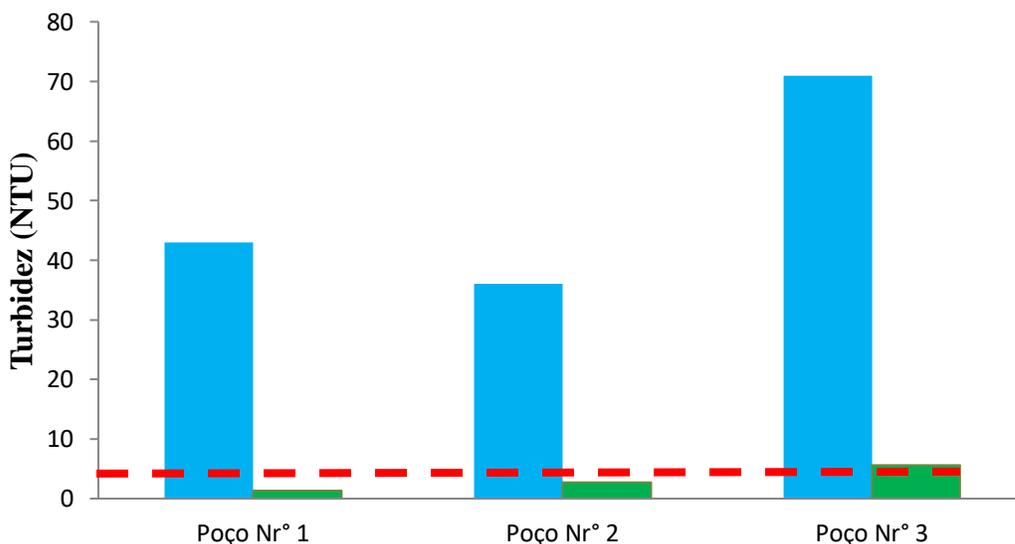


Figura 10: Turbidez da água extraída de três poços, esta representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para a turbidez.

5.5. Análise de compostos nitrogenados

Dentre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana, provenientes das águas de poços, incluem-se os compostos de nitrogénio nos seus diferentes estados de oxidação, cujo este trabalho focou-se na análise dos nitratos e nitritos, sendo estes os íons mais encontrados em águas naturais (Parron *et al.*, 2011).

A avaliação dos resultados foi feita com base nos padrões de potabilidade estabelecidos pelo MISAU onde o nitrato tem como seu valor máximo permissível 50mg/l, e o nitrito o seu valor máximo e de 3mg/l.

5.5.1. Níveis do nitritos (NO_2^- mg/l) do poço antes e depois da dessalinização

Os valores encontrados para os nitritos antes do tratamento da água usando o dessalinizador de bambu foram de 3mg/l P13; P2 3,1mg/l; P3 3,5mg/l segundo a (tabela 3 anexo), depois do tratamento da água com o dessalinizador de bambu os valores registados são 2,65mg/l P1; P2 1,66mg/l; P3 2,16mg/l (Figura 11). O nitrito em todos poços mostrou resultados acima do que é recomendável pelo MISAU que tem como valor máximo 3mg/l.

Segundo o estudo efectuado por Respeito (2015) sobre tratamento água do poço na localidade de Mucúpia distrito de Inhanssuge usando sementes de moringa, obteve como valor máximo de nitritos de 7,7mg/l, valor este que esta muito acima do encontrado nesta pesquisa, este facto pode estar associado a maior frequência de limpeza e condições higieno-sanitárias dos poços de Inhangome em relação aos poços de Mucúpia.

Em seus estudos Pohling (2009) detectou que o nitrito esta associado a presença de fertilizantes que tenham atingido a água pela lixiviação de solos agrícolas e ainda pelo facto de este ser altamente solúvel, isto proporciona uma incapacidade de ele atingir o solo quando escoado para os poços e contamina imediatamente o lençol freático, além desta ele tem como uma das grandes fontes de entrada a partir do arrastamento de restos de fezes de animais e humanas. Factos estes que são observados na comunidade e que tenham contribuído para que estes valores.

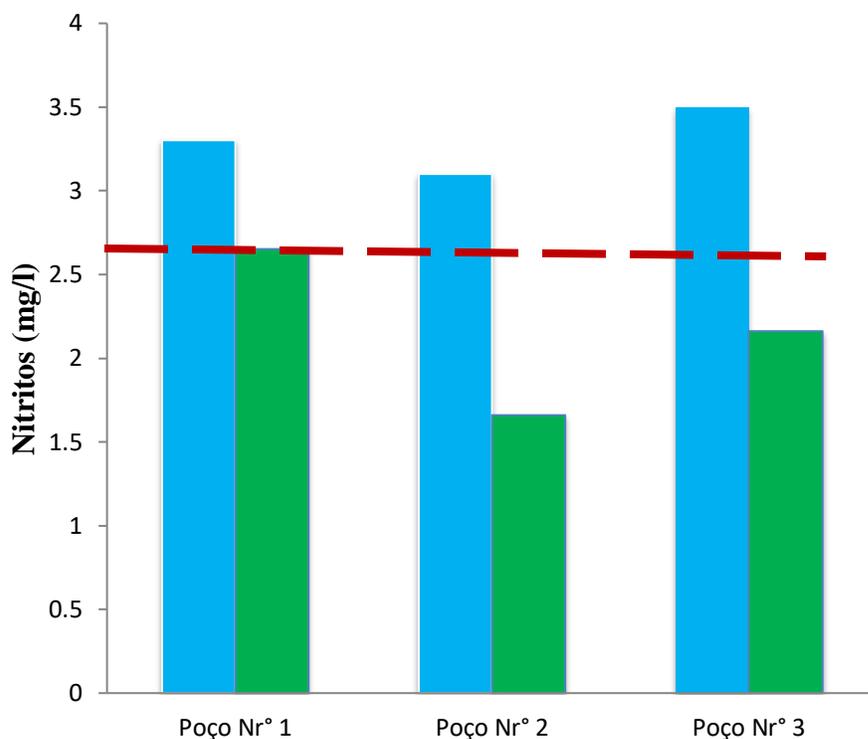


Figura 11: Nitritos da água extraída de três poços, estão representados em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para os nitritos.

5.5.2. Níveis do nitrato (NO_3^- mg/l) do poço antes e depois da dessalinização

As análises efectuadas para determinar o nível de nitrato nos poços amostrados, visavam fazer a comparação da mesma, para perceber a variação deste ião antes e depois da água passar pelo dessalinizador, onde foram registados os seguintes valores 54 mg/l P1; P2 61 mg/l; P3 66mg/l, antes do processamento segundo a (tabela 3 anexo). Depois que estas amostras de água foram submetidas ao processamento pelo dessalinizador estas apresentaram os seguintes valores de 44,4 mg/l P1; P2 49 mg/l, P3 47mg/l (Figura 12).

De entre os compostos nitrogenados analisados (nitritos e nitratos), o que mais fora dos padrões legislados no país (NO_2^- 3mg/l, NO_3^- 50mg/l valores máximos) atingiu valores elevados foi o nitrato.

Respeito (2015) estudou o tratamento da água usando moringa na localidade Mucúpia, distrito de Inhansuge, Zambézia, onde obteve valores com a media de 50 mg/l de nitratos, este valor difere dos encontrados na presente pesquisa, com um mínimo de 54mg/l no poço 1, o que pode advir do facto destes poços terem sofrido a contaminação da matéria orgânica antiga, o facto deste composto ser solúvel e não ser absorvido pelo solo causa maior concentração em águas subterrâneas.

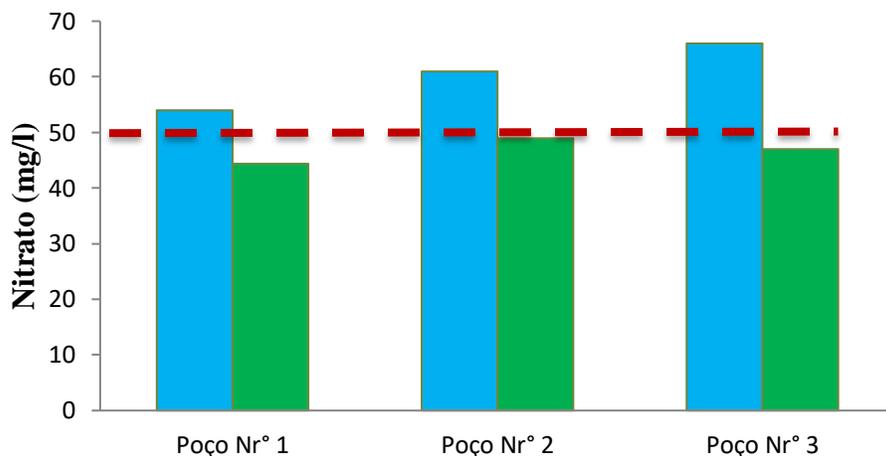


Figura 12. Representação gráfica nitratos da água extraída de três poços, estão representados em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, o vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para os nitratos.

5.6. Comparação dos níveis de Coliformes fecais antes e depois da dessalinização

Os coliformes fecais foram colhidas amostras para o laboratório da FIPAG, A sua contagem antes do processamento pelo dessalinizador da água apresentaram valores de 9 NMP/100ml P1; 10 NMP/100ml P2; 11 NMP/100ml P3, e depois do processamento pelo dessalinizador foram novamente submetidas a contagem em que se obteve os seguintes valores deste parâmetro 3 NMP/100ml P1; 4 NMP/100ml P2; 5 NMP/100ml P3 (Figura 13).

De acordo com a tabela de valores máximos permitidos pelo MISAU (10NMP/100ml) para água do poço, a água obtida no poço 1 é considera consumível pelos Humanos por esta apresentar coliformes fecais abaixo de 10, este valor encontra-se dentro da faixa recomendada pela MISAU,

o que na observação (in loco) deste poço constitui uma surpresa que falta de boas práticas higiéno-sanitárias não influenciaram na contaminação deste a níveis críticos de coliformes fecais.

Com base nos resultados da presente pesquisa os poços 2 e 3 apresentaram valores acima do recomendado pelo MISAU, o que pode ter sido provocado pela falta de uma infra-estruturas que impeçam a interacção directa do poço com o meio externo, a falta de tampas, e construções de parede nos poços, a falta limpezas regulares para a não contaminação destas águas, o tempo de residência.

Eliseu (2010) estudou a avaliação da água dessalinizada destinada ao consumo humano em Inhangome, onde reportou que houve remoção a 100% dos coliformes, este valor que não corresponde ao obtido no presente trabalho, este facto pode estar relacionado ao local onde foi implantado o seu dessalinizador, em que havia incidência completa de raios solares, sendo que os raios solares são fundamentais para a morte dos coliformes fecais.

OMS (1995), relatou que é pouco provável que os coliformes fecais se desenvolvam em sistemas de distribuição, a menos que exista abundancia de nutrientes, que ocorra pós-contaminação, e que a temperatura da água tratada seja inferior a 13°C, sendo que este estudo teve a água em temperaturas que oscilaram de 18 a 24°C durante o processamento das amostras.

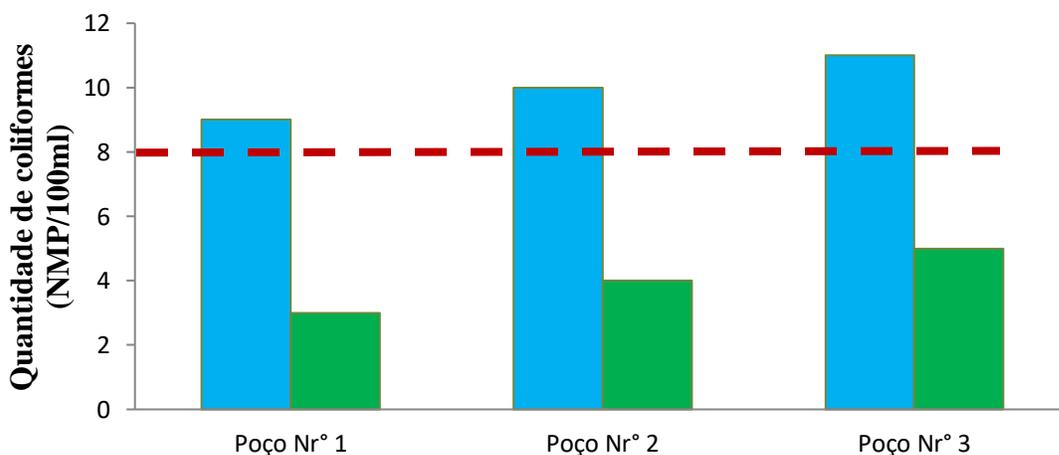


Figura 12: Quantidade de coliformes fecais da água extraída de três poços, está representado em (azul) antes e depois em cor (verde) do tratamento com dessalinizador de bambu, vermelho tracejado significa o limite máximo permitido pela MISAU para os coliformes fecais.

5.7. Avaliação da eficiência do dessalinizador

Para a avaliação da eficiência teve-se em conta a tecnologia usada para a dessalinização de água, a quantidade de água obtida pelo tratamento, o período de dessalinização, os custos aliados a cada tecnologia, e o custo aliado para obtenção de água potável. No entanto fez-se uma avaliação que visava determinar o quão benéfico seja este sistema para a comunidade, o ambiente e o grau de produção do mesmo.

Constatou-se que com 4 metros de bambu é possível obter acima de 250 litros de água durante duas semanas, considerando que o bambu começa a perder a sua capacidade dessalinizadora, após este período é preciso ser substituído. Quanto a eficiência os resultados desta pesquisa mostram que o sistema de dessalinização teve uma capacidade de dessalinização de cerca de 90% , enquanto para a turbidez teve uma redução de 93%, coliformes fecais 60%.

Com este sistema a população pode ter mais tempo para praticar as outras actividades como a agricultura que deve ser praticada logo nas primeiras horas, o que geralmente colide com a busca pela água porque esta também jorra nas torneiras nas primeiras horas do dia.

Este sistema tem as vantagens de cada família poder ter o seu próprio dessalinizador em casa, o baixo custo de montagem, a matéria-prima é obtida localmente, não necessita de mão-de-obra qualificada, não polui o ambiente, não produz salmoura. Esta é mais rentável do que percorrer 90 minutos em média até ao fontenário de Chuabo Dembe onde obtém se cada bidão ao preço de 5 MT cada 20 litros.

As desvantagens deste sistema está na adição cloro e flúor após o tratamento, os filtros precisam ser trocados a cada processo porque facilmente entopem e podem proliferar o crescimento de patógenos a saúde humana, a renovação do bambu é difícil para famílias que não tenham esta planta em seus quintais.

6. CONCLUSÃO

A comunidade de Inhangome é caracterizada por ter como fonte de abastecimento de água, para o consumo humano, poços freáticos. Estes poços contêm água fora dos padrões recomendados pelo MISAU para o consumo humano, em termos de teor de salino e a turbidez, pH, níveis de compostos nitrogenados e coliformes fecais.

- O sistema de dessalinização a base de bambu usado neste estudo mostrou-se eficiente na dessalinização de água salobra, reduziu a salinidade da água dos poços de Inhangome em cerca de 90%.
- A água dessalinizada pelo bambu mostrou estar dentro dos parâmetros recomendados pelo MISAU, sendo o máximo de 0,5‰.
- A água dos poços de Inhangome antes da dessalinização apresentou alta taxa de contaminação de nitritos, nitratos e coliformes fecais.

7. RECOMENDAÇÕES

- A realização de estudos com diferentes espécies de bambu e águas com teores mais elevados de salinidade.
- O aperfeiçoamento do sistema de filtração no tudo comunicante.
- A disseminação do método para as zonas costeiras afectadas pela intrusão salina nas águas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfandega, J. A., (2010), **Purificação da água dos poços de Inhangome**, UEM-ESCMC.

Almeida, R. A., Ucker, F. E., (2011). **Considerando a Evapotranspiração no Cálculo de Eficiência de Estações de Tratamento de Esgoto com Plantas**. Universidade de Federal de Goiás, Goiânia. pp 98.

Araújo, A. C. S. P. A., (2013) **Contribuição Para O Estudo Da Viabilidade/Sustentabilidade Da Dessalinização Enquanto Técnica De Tratamento De Água**. Universidade Nova De Lisboa. pp 103.

Brasília., (2006) **Avaliação da Qualidade da Água Para o Consumo Humano**, pp 212

Bolentim da Republica., (2004) **Regulamento sobre o processo do impacto ambiental**, artigo 28, anexo III, I série.

Celligoi, A., (1999). **Considerações Sobre Análises Químicas De Águas Subterrâneas. Geografia, Londrina**. Universidade Estadual de Londrina. pp 100

Cleasby, J. L., (1990) **Filtration. In Water quality and treatment: a handbook of community Water supplies**. Technical editor. pp 12

Cooley, H., Gleick, P. H., E Wolff, G., (2006). **Desalination, With A Grain Of Salt-A California Perspective** Pacific institute. pp 82

Conama., (1996). **Gestão De Resíduos E Produtos Perigosos**, Editora DOU. pp 526.

Correia V. C., (2011), **Produção e caracterização da polpa de bambu para matrizes cimentícias**, USP. pp 74.

Costa C., L., (2012). **Evaluation Of Quality Of Groundwater In Wells Of Ceará State, Brazil**. Editor Weston Solution. pp 360.

- Costa, A. C. M., Santos, M. A., (2000) **A Gestão Dos Recursos Hídricos No Brasil E A Questão Da Água Subterrânea**. pp 11.
- D'aguila, P. S., Roque, O. C. E., Miranda, C. A. S., (2000), **Avaliação Da Qualidade De Água Para Abastecimento Público Do Município De Nova Iguaçu, Rio De Janeiro**. pp 781.
- Eckhardt, R. R., Diedrich, V. L., (2009). **Avaliação de água de poços tubulares para consumo humano no Município de Boa Vista, Paraíba** Revista Verde de Agro-ecologia e Desenvolvimento Sustentável. pp 14.
- INAM (2014)., **Monitoria e Avaliação da época chuvosa** (www.inam.gov.mz)
- Espada, G. M., (2014), **A Afirmação Do Direito De Águas**. Universidade Nova Lisboa. pp 730
- FUNASA., (2014), **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. pp 153.
- Gillam, W. S., Mccoy, W. H., (1996). **Desalination Research And Water Resource**. Editora K. S. Spiegler Academic.
- Gomes A. S. E., Clavico E., (2005) **Propriedades Físico-Químicas Da Água**. Universidade Federal Fluminense. pp 151.
- Guerreiro, M. B., (2009). **Dessalinização Para Produção De Água Potável, Perspectivas Para Portugal**, Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto. pp 221.
- Higuchi, T., (1981) **Bamboo In Japan. XVII Wold Congress – Internacional Union Of Forestry** Reseach Organization, Japão: Kioto University, pp 96.
- Lalá, A, E., (2013) **Estudo De Base Conselho Municipal Da Cidade de Quelimane**. pp 66.
- Liese, W., (1985) **Bamboos– Biology, Silvics, Properties, Utilization**. Dt. Ges. Techn. Zusammenarbeit (GTZ), TZ Verlagsges, Rodorf. pp 180.
- Limas, G. S., (2014) **Dessalinização Da água do mar usando o bambu**. Editora Nordeste
- Matheus, C. E., Moraes, A. J.,Tundisi, T. M., Tundisi, J. G., (1995) **Manual de análises limitológicos**, USP, pp 62.

MISAU (2004) **Regulamento sobre qualidade de água para o consumo humano**, Maputo.

Morrison, J., Morikawa M., Murphy M., Schulte P., (2009). **Water Scarcity & Climate Change**

Editórea Ceres. pp 50

Neto, L. P., e Areco, L. B., (2012) **Automação de tratamento de água de poço artesiano.**

Growing Risks For Businesses & Investors. Pacific Institute. pp 11.

Oliveira, A. X., (2006) **Enumeração De Coliformes Totais E Bactérias Mesófilas Em Leite Pasteurizado Tipo “C” Comercializado Na Cidade De Salvador- BA.** Revista Higiene Alimentar. São Paulo, pp 113

Parron, M. K., Chimin. R. Q., Morgan. E. V., Askea. J., (2012) **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água**, Editora Colombo, PR

Pohling, R., (2009) **Reacções Químicas Na Análise De Água Fortaleza: Arte Visual.** pp 110.

Silva, R. C. A., Araújo, T. M., (2003) **Qualidade Da Água Do Manancial Subterrâneo Em Áreas Urbanas De Feira De Santana (BA).** Rev Ciência & Saúde Colectiva. Rio De Janeiro. pp 206.

Soto, F. R. M., Capp. N., Ayach. L. R., Santos, T. M. B., Guimarães, S. T., (2006)

Monitoramento Da Qualidade Da Água De Poços Rasos De Escolas. pp 106.

OMS., (1995). **Manual de desinfección Guias para la seleccion y aplicacion de tecnologias de desinfeccion del agua para consumo humano en pueblos pequenos y comunidades rurales en América Latina y el Caribe.** Washington-DC. pp 227

Vasconsellos, R.M., (2004), **Cartilha De Fabricação De Móveis De Bambu.** Instituto De Bambu, Alagoas. pp 59.

Tomazello Filho, M; Azzini, A., (1987) **Estrutura Anatômica, Dimensões Das Fibras E Densidade Básica De Colmos De Bambusa Vulgaris Schrad.** ESALQ-USP, pp 50

UNICEF., (2007) **ÁGUA E SANEAMENTO.** pp 140.

WHO., (2007) **Desalination For Safe Water Supply, Guidance For The Health And Environmental**. Geneva. pp 173.

Aspects Applicable To Desalination. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

[Http://Www.Pacinst.Org/Reports/Business Water Climate/Full Report](http://www.pacinst.org/reports/business_water_climate/full_report)

[Http://Www.Verdade.Co.Mz/Ambiente/35594-Milhares-De-Criancas-Morrem-Diariamente-No-Mundo-Por-Falta-De-Agua-E-Higiene](http://www.verdade.co.mz/ambiente/35594-milhares-de-criancas-morrem-diariamente-no-mundo-por-falta-de-agua-e-higiene)

[Http://Www.Pacinst.Org/Reports/Desalination/Desalination](http://www.pacinst.org/reports/desalination/desalination)

[Http://Www.Who.Int/Water_Sanitation_Health/Gdwqrevision/Desalination.Pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/desalination.pdf) (20/05/2009)

world health organization

[Http://Www.Unmultimedia.Org/Radio/Portuguese/2015/03/Mais-De-Metade-Da-Populacao-Nao-Tem-Acesso-A-Agua-Potavel-Em-Mocambique/#.V Wkn4h941J](http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/2015/03/mais-de-metade-da-populacao-nao-tem-acesso-a-agua-potavel-em-mocambique/#.V Wkn4h941J)

Anexo

Tabela 3. Valores dos 3 poços antes e depois do processamento das amostras pelo dessalinizador de bambu.

Parâmetros físico-químicas	Limite máximo permitido	Fontes das amostras					
		Poço nº 1		Poço nº 2		Poço nº 3	
		Antes do tratamento	Depois do tratamento	Antes do tratamento	Depois do tratamento	Antes do tratamento	Depois do tratamento
Nitritos NO ₂ ⁻ (mg/l)	3	3,3	2,65	3,1	1,66	3,5	2,16
Nitratos NO ₃ ⁻ (mg/l)	50	54	44,4	61	49	66	47
Coliformes fecais (NMP/100ml)	10	9	3	10	4	11	5
Turvação (UNT)	5	43	1,39	36	2,75	71	5,59
PH	9	8,2	7,6	8,9	7,7	8,11	8
Salinidade (‰)	0,5	3,8	0,4	3,3	0,3	4,2	0,4

Tabela 4. Material usado para construção do sistema de dessalinização.

Quantidade	Material	Unidades
10	Bambu	
1	Fita métrica	
1	Torneira	3/4
3	Bidão	20 Lt
1	Serrote	

1	Tubo	3/4
1	Torneira de passagem	3/4
6	Baldes	20 Lt
1	Tarraxa	3/4
1	Chave estrela	
4	Curvas	3/4



Figura 6: A figura ilustra fotografias de alguns instrumentos usados nesta pesquisa: **A** temos o bambu e a água antes da dessalinização; **B** esta ilustrado o refratometro; **C** o GPS; **D** o medidor de salinidade; **E** o Kit para medição de compostos nitrogenados; e **F** o multi-parâmetros.