

NINO JÚLIO NHANCA

**FILTRO LENTO DE AREIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO
ESTUDO DE CASO: ILHA DE BOLAMA (GUINÉ-BISSAU)**

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
2017



NINO JÚLIO NHANCA

**FILTRO LENTO DE AREIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO
ESTUDO DE CASO: ILHA DE BOLAMA (GUINÉ-BISSAU)**

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre efetuada sob a orientação de:

Prof.^a. Doutora Maria Margarida P. Reis

Prof.^a. Doutora Margarida Ribau Teixeira

UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

2017



Júri

Presidente:

Doutor Luís Miguel de Amorim Ferreira Fernandes Nunes
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve

Vogais:

Doutora Amélia Maria Mello de Carvalho Dill
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve

Doutora Maria Margarida dos Prazeres Reis
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve,
na qualidade da Orientadora

Doutora Maria Margarida da Cruz Godinho Ribau Teixeira
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve,
na qualidade da Orientadora

Doutora Maria Adelaide de Araújo Almeida
Professora Adjunta da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja

FICHA TÉCNICA

Título: Filtro Lento de Areia no Tratamento de Água Subterrânea para Abastecimento Público: Estudo de Caso Ilha de Bolama (Guiné-Bissau)

Autor: Nino Júlio Nhanca

Objectivo do presente trabalho: Dissertação apresentada à Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

Orientação científica do trabalho: Professora Dr^a Maria Margarida P. Reis e Professora Dr^a Margarida Ribau Teixeira.

Contacto do autor: ninhanca@hotmail.com

Ano: 2017

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.


Nino Júlio Nhanca

“Copyright” – Nino Júlio Nhanca

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



CIDADE DE BOLAMA

DEDICATÓRIA

Ao meu querido Deus e a toda a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu força e perseverança para concretizar o objetivo de cursar a Pós-graduação em Engenharia Ambiental e, àqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho:

A elaboração de um trabalho só é possível com a ajuda das pessoas. Quero deixar aqui o meu sincero obrigado a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, ajudaram neste trabalho que, mesmo seus nomes não constando na lista, estiveram presentes e foram importantes, em especial:

À minha orientadora, Prof. Doutora Maria Margarida dos Prazeres Reis, pela confiança, pela oportunidade de realizar este trabalho e principalmente por sua paciência comigo.

À minha orientadora, Prof. Doutora Margarida Ribau Teixeira, pelos ensinamentos e por estar sempre disposta a ajudar, principalmente nos períodos muito complicados dos meus estudos.

Aos meus Ex-Professores, Professor Luis Nunes, Professora Amélia Dill, Professora Fátima de Carvalho e demais Professores. sendo pela sua experiência e conhecimentos, que comigo partilharam.

Agradeço a todos aqueles que directa ou indirectamente me incentivaram nessa caminhada e também àqueles que não acreditaram no meu esforço, pois me deram a chance de demonstrar o meu real valor. Obrigada.

Quero aproveitar esse trabalho para agradecer a toda a família Sampaio, principalmente na pessoa de Dr^o. António Pereira Sampaio e a esposa Genoveva Sampaio, pelo apoio.

Agradeço também todas as Irmãs do Convento de Patacão, pelo apoio incondicional no período mais difícil de toda minha vida académica, e aproveito a mesma mensagem para agradecer a dois bons amigos, Padre Dario e Padre Pedro. Obrigado por tudo.

Ao meu querido sobrinho Jeremias da Silva, que mesmo estando longe, sempre fez questão de incentivar-me, e também aproveito a mesma mensagem para agradecer a todos meus irmãos e irmãs e familiares, em especial, Mirela Gouveia, Dangana, Fatinha, Binta, Fanta, Nené, Mónica, Silvina, Alessandra, Ester, Milagre, Sene, Timóteo, David, Noé, Quintino, Nelito, Serifo, Erikson e Canambo.

A todas as funcionárias(os) da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve, que me acolheram com muito carinho e que sempre estiveram presentes quando precisava.

Aos conterrâneos da Guiné-Bissau e aos amigos da cidade do Faro, João Luis Mendes, João Lopez Nhanca, Gino Miranda e a esposa Tânia Tavares, Neto Tonecas, Mário Bracia, Laurindo Gomes, Reneu Vieira, Juca Sanca, Braima Sane, Saliu, Adão, entre outros que me ajudaram em tudo, principalmente durante anos de estudos.

RESUMO

A filtração lenta em areia é uma técnica de tratamento de água com uma vasta aplicação ao longo de séculos. A presente dissertação destinou-se a estudar a viabilidade de aplicação de filtros lentos de areia para auxiliar no tratamento e abastecimento de água para as comunidades correntes da Guiné-Bissau e em particular da ilha de Bolama. Discutiu-se a longa experiência no mundo, da utilização deste processo de filtração de água para abastecimento público mediante a utilização de filtro lento por gravidade em camadas de areia, para remoção dos poluentes e contaminantes. Tendo em conta a situação do país, Guiné-Bissau, foi possível avaliar as vantagens ambientais, sociais e económicas, da utilização deste tipo de processo, como forma de obter um modelo mais simples, de baixo custo económico, com um bom desempenho técnico, ambiental e social e que apresente melhorias na qualidade de água para o consumo humano para a população da Ilha de Bolama. Apesar de o resultado de análises de água de Bolama apresentar em todos os três tipos de parâmetros (físicos, químicos e microbiológicos) valores acima dos máximos permitidos pelas organizações internacionais (EU e OMS), o estudo concluiu que a aplicação do processo de filtro lento de areia seria fundamental para tratamento e minimização dos problemas suscitados pela situação da qualidade da água atualmente consumida pelo povo da ilha de Bolama.

Palavras-chave: Ilha de Bolama, degradação ambiental, contaminação, filtro lento de areia, tratamento de água subterrânea.

ABSTRACT

Slow sand filtration is a water treatment technique with extensive application over many centuries. The present dissertation aimed to study the feasibility of applying a slow sand filter to assist in the treatment and supply of drinking water to the current communities of the island of Bolama in Guinea-Bissau despite significant socio-economic constraints. The experience of using a water filtration process for public supply through the use of gravity slow sand filter for the removal of pollutants and contaminants was discussed. Considering the environmental and socio-economic situation in Guinea-Bissau, advantages of using this type of process were assessed, as a way to obtain a simpler, low-cost economic model with good technical performance to obtain improvements in the quality of water for human consumption for the population of Bolama Island. Although results for the physical, chemical and microbiological analysis of Bolama well water samples were higher than the maximum values foreseen by international organizations (EU and WHO), the study concluded that application of the slow sand filter process would be fundamental for treatment and improvement of the water quality situation, as well as the environmental and health oriented education of the consumers, namely the people of the island of Bolama.

Keywords: Bolama Island, environmental degradation, contamination, groundwater slow sand filter water treatment.

ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE GERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	VIII
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	IX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PERGUNTA DA PESQUISA.....	2
2 OBJECTIVOS	3
2.1 OBJECTIVO GERAL.....	3
2.2 OBJECTIVOS ESPECÍFICOS	3
3 METODOLOGIA DE ESTUDO	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4.1. ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA DE ÁGUA NO MUNDO	5
4.1.1 <i>Distribuição da Água no Mundo</i>	5
4.1.2 <i>O Efeito da Expansão Urbana no Ambiente e na Saúde</i>	6
4.1.3 <i>Ausência de Saneamento e o seu Impacto na Saúde</i>	7
4.1.4 <i>Acesso a Água de boa Qualidade no Mundo</i>	8
4.1.5 <i>Uso de Água Subterrânea no Mundo</i>	12
4.1.6 <i>A Poluição e Contaminação da Água Subterrânea</i>	15
4.2 INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA	15
4.2.1 <i>Indicadores Físicos</i>	17
4.2.2 <i>Indicadores Químicos</i>	18
4.2.3 <i>Indicadores Microbiológicos</i>	20
4.2.4 <i>As Doenças Transmitidas pela Contaminação e a Poluição da Água</i>	27
4.3. FILTRO LENTO DE AREIA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	29
4.3.1 <i>Desenho do filtro</i>	31
4.3.2 <i>Mecanismos de Filtração do FLA</i>	35
4.3.3 <i>Características Hidráulicas</i>	37
4.3.4 <i>Eficiências de FLA na Remoção de Substâncias e Microrganismos</i>	39

4.4. SITUAÇÃO GEOGRÁFICA DA GUINÉ-BISSAU.....	41
4.4.1 Situação Económica.....	42
4.4.2 Diferença entre Zonas Urbanas e Zonas Rurais.....	43
4.4.3 Efeitos das Mudanças Climáticas no País.....	46
4.4.4 Características Geológicas.....	48
4.4.5 Recursos Florestais.....	48
3.4.5.1 As Políticas Públicas na Preservação Ambiental.....	49
4.4.6 Recursos Hídricos Superficiais e Subterâneos.....	52
4.4.7 Histórico de Acesso a Água de Qualidade.....	54
4.4.8 Situação Atual de Acesso a Água no País.....	55
4.4.9 Serviço de Saneamento no País.....	61
5 ESTUDO DE CASO: A ILHA DE BOLAMA.....	64
5.1. DESCRIÇÃO DA ILHA DE BOLAMA.....	64
5.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL NA ILHA DE BOLAMA.....	69
5.3. CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE BOLAMA.....	70
5.3.1 Parâmetros Físicos.....	72
5.1.2 Parâmetros Químicos.....	73
5.1.3 Parâmetros Microbiológicos.....	75
5.3. CONDIÇÕES SOCIOECONÓMICAS E AMBIENTAIS DA POPULAÇÃO DA ILHA DE BOLAMA.....	76
6.CONCLUSÕES.....	78
6.1 TECNOLOGIA AO ALCANCE DAS PEQUENAS COMUNIDADES ISOLADAS.....	78
6.2 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHO FUTURO.....	79
REFERÊNCIAS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição espacial e quantitativa da água no planeta.....	5
Figura 2	Pessoas sem acesso a serviços de saneamento adequados (milhões).....	7
Figura 3	Percentagem de pessoas sem acesso a abastecimento de água potável.....	9
Figura 4	Percentagem da população com acesso a fontes melhoradas de água.....	10
Figura 5	Esquema de filtro lento com nível de água constante.....	32
Figura 6	Arranjo filtro lento com nível de água variável.....	33
Figura 7	Diagrama de pressão.....	38
Figura 8	Mapas de África e da Guiné-Bissau.....	41
Figura 9	Incidência (%) da pobreza na Guiné-Bissau.....	45
Figura 10	Curva de Kuznets.....	46
Figura 11	Dados de chuva e níveis de temperatura em 3 regiões do país.....	47
Figura 12	Floresta densa de Lautchande zona sul do País (Guiné-Bissau).....	49
Figura 13	Áreas de preservação.....	51
Figura 14	Desflorestação na Guiné-Bissau.....	51
Figura 15	Rio Geba da Guiné-Bissau.....	53
Figura 16	Exemplo de poço raso não protegido.....	57
Figura 17	A parte externa e interna de um poço protegido.....	59
Figura 18	Mulheres a buscar água de “boa qualidade”.....	60
Figura 19	Acesso a água de qualidade na Guiné-Bissau.....	61
Figura 20	Percentagem de serviços de saneamento na Guiné-Bissau.....	61
Figura 21	Rede de esgoto da capital (Bissau).....	62
Figura 22	Rede de esgoto a céu aberto próximo de um poço.....	63
Figura 23	Mapa da Guiné-Bissau com a localização de Bolama.....	65
Figura 24	Localização do arquipélago de Bolama/Bijagós.....	65
Figura 25	Construções da antiga Capital da Guiné/Portuguesa (Bolama).....	66
Figura 26	Exemplos de fauna: (A) zonas ocupadas pelos hipopótamos; (B) Aves migratórias.....	67
Figura 27	Valores médios da temperatura de 1997 a 2004 em 3 regiões do país.....	68
Figura 28	Valores médios de precipitação de 1997 a 2004 em 3 regiões do país.....	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Principais microrganismos agentes de doenças transmitidas pela água.....	28
Tabela 2	Características usuais da areia de filtros lentos.....	33
Tabela 3	Qualidade ótima de águas a tratar por FLA	39
Tabela 4	Eficiência da remoção de impurezas e microrganismos em filtros lentos...	40
Tabela 5	Dados de casos de epidemia de cólera.....	64
Tabela 6	Resultados do estudo de qualidade de água de ilha de Bolama de Bordalo & Savva-Bordalo (2007).....	72

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AMI	Assistência Médica Internacional
ASS	África Subsaariana
CNA	Conselho Nacional do Ambiente, Guiné-Bissau
CPDA	Carta da Política de Desenvolvimento Agrário, Guiné-Bissau
DRH	Departamento de Recursos Hídricos, Guiné-Bissau
DGRH	Direção Geral de Recursos Hídricos, Guiné-Bissau
DSNM	Direção do Serviço Nacional de Meteorologia, Guiné-Bissau
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EUA	Estados Unidos da América
FLA	Filtro Lento de Areia
FUNASA	Orgão do Ministério da Saúde do Governo do Brasil
GIRE	Gestão Integrada dos Recursos em Água???
INE	Instituto Nacional de Estatística, Guiné-Bissau
INEC	Instituto Nacional de Estatística e Censos, Guiné-Bissau
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa, Guiné-Bissau
IHD	Índice Humano de Desenvolvimento
MA	Ministério do Ambiente, Guiné-Bissau
MICS	Multiple Indicator Cluster Survey
OMS ou WHO	Organização Mundial de Saúde ou <i>World Health Organization</i>
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde nas Américas
PIB	Produto Interno Bruto
PNGA	Plano Nacional de Gestão Ambiental, Guiné-Bissau
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PRCM	Programa Regional de Conservação Marinha, Guiné-Bissau
UNFPA	Fundo de População das Nações Unidas
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
USEPA	<i>United States Environment Protection Agency</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>

1 INTRODUÇÃO

A água de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento económico, para a qualidade de vida da população humana e para a sustentabilidade do planeta. A urbanização acelerada em todo o planeta produz inúmeras alterações no ciclo hidrológico e aumenta a procura de água, aumentando assim os impactos e, conseqüentemente, os custos do tratamento. Também, à medida que aumenta o desenvolvimento económico, aumenta a pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (Tundisi, 2003).

A água subterrânea é fundamental para o desenvolvimento humano. Na Guiné-Bissau, tal como em tudo o mundo, ela desempenha um importante papel no abastecimento público e privado, suprimindo as mais variadas necessidades em diversas cidades e comunidades sociais, bem como em sistemas autónomos residenciais, industriais, de serviços, irrigação e agrícola. O seu papel ecológico é fundamental para manutenção da flora e fauna, entre outros, em corpos de água superficiais, uma vez que a perenização da maior parte dos rios e lagos é feita pela descarga de aquíferos, através dos fluxos de base.

A Direção Geral de Recursos Hídricos (DGRH, 2010) revelou que as águas subterrâneas servem para o abastecimento de mais de metade da população de Guiné-Bissau, sobretudo em cidades de média e pequena dimensão. Como, por exemplo, Bissau, Cantchungo, Bafata, Gabu, Bolama e demais regiões. Há também populações sem qualquer sistema convencional de abastecimento de água, que utilizam o recurso superficial.

A dificuldade crescente de abastecimento de água de boa qualidade e em quantidade suficiente é uma preocupação em todo o mundo. A água pode transportar grandes variedades de substâncias químicas prejudiciais, além de microrganismos patogénicos, responsáveis por diferentes tipos de doenças. A água consumida pelo ser humano deve obedecer a critérios de qualidade definidos por normas nacionais ou internacionais. A sua qualidade almejada determina a seleção da tecnologia de tratamento a ser adotada para atingir os critérios de qualidade definidos.

Na Guiné-Bissau, a ausência das tecnologias para tratamento de águas e esgotos ocasiona a transmissão de várias doenças através de consumo de água subterrânea, de rios e lagos, além de representar danos para o ambiente (INASA, 2013). As zonas rurais guineenses são as áreas mais atingidas com estes problemas (DGRH, 2010), apesar de, nestas zonas, ser expectável encontrar com maior facilidade recursos hídricos de boa qualidade, pelo facto de possuírem áreas menos povoadas. Mas, infelizmente nas zonas rurais a situação agrava-se, por muitas vezes não haver condições financeiras ou informação suficiente para proteção das fontes e tratamento da água para consumo. Os resíduos gerados por atividades domésticas e a agropecuária são eliminados diretamente no ambiente o que leva à contaminação das águas existentes. Nas zonas urbanas guineenses o uso de água, de uma forma desenfreada, faz com que a sua quantidade e a qualidade sejam cada vez mais comprometidas (DGRH, 2010). O relatório da Câmara Municipal de Bissau (CMB, 2010) justifica essa deterioração pelo aumento populacional, expansão urbana, falta de uma política pública social, como urbanização planeada, falta de saneamento e de um bom sistema de abastecimento e por fim, falta de recursos económicos.

Diante desta situação, aumenta a necessidade de se encontrar forma de tratar a água que atenda a necessidade da população de baixa renda. Pois é necessária a aplicação de uma técnica de tratamento de água considerada economicamente viável, socialmente aceite e ambientalmente correta. Com base nessa ideia da sustentabilidade, o presente trabalho investiga se a técnica de filtro lento de areia (FLA) será a técnica indicada para atender às populações rurais e pobres sem recursos económicos na Guiné-Bissau. Por isso, esse trabalho trás a experiência de uso de filtro lento de areia como alternativa para a minimização de problemas de qualidade de água na Guiné-Bissau. O tratamento de água através de filtração lenta de areia pode ser uma solução para minimizar o consumo de água de má qualidade no país em geral, principalmente nas comunidades de baixa renda, designadamente subsistemas isolados sem poder económico, como a ilha de Bolama.

1.1 PERGUNTA DA PESQUISA

Será que o filtro lento de areia (FLA) é o processo ideal para tratar a água subterrânea consumida pela população da ilha de Bolama/Guiné-Bissau?

2 OBJECTIVOS

2.1 OBJECTIVO GERAL

Gil (2007) definiu o objetivo de uma pesquisa como sendo a forma de encontrar uma resposta a uma questão, por meio de aplicação de métodos científicos. Assim, o principal objetivo desse estudo é avaliar as vantagens ambientais, sociais e económicas da utilização do filtro lento de areia para tratamento de água em pequenas comunidades, tendo em vista a contribuição para a melhoria do tratamento de água da Ilha de Bolama. O trabalho preocupase em estudar, a nível bibliográfico, o processo de filtração de água para abastecimento público mediante a utilização do filtro lento de areia, a fim de possibilitar a remoção dos poluentes e microorganismos.

2.2 OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

São também objectivos deste estudo:

- Realizar uma pesquisa qualitativa sobre a situação económica, social e ambiental da Guiné-Bissau;
- Identificar os problemas da poluição e contaminação das águas da Guiné-Bissau e especificamente da ilha de Bolama, e a situação ambiental desta ilha;
- Utilizar os resultados dos estudos de qualidade de água bruta de ilha de Bolama realizado por Bordalo & Savva-Bordalo (2007) e demonstrar a possibilidade de usar a técnica do filtro lento de areia para tratamento de água.

3 METODOLOGIA DE ESTUDO

No presente capítulo apresenta-se a metodologia adotada para elaborar este estudo de revisão bibliográfica relativa à utilização do filtro lento de areia para tratamento de água em pequenas comunidades. A revisão bibliográfica engloba a procura pela compreensão e conhecimento sobre os temas discutidos. A pesquisa realizada apoiou-se numa metodologia que consistiu na consulta de artigos científicos, dissertações, teses de doutoramento, livros e relatórios, a fim de entender os problemas e o modelo de intervenção nos sistemas de tratamento de água para consumo humano para a Guiné-Bissau e, em particular, a Ilha de Bolama. Foi objectivo desta pesquisa, enquadrar o problema da água no mundo, analisar os parâmetros indicadores de qualidade da água, efectuar uma descrição das vantagens e desvantagens dos filtros lentos de areia e descrever sucintamente a situação económica e ambiental da Guiné-Bissau.

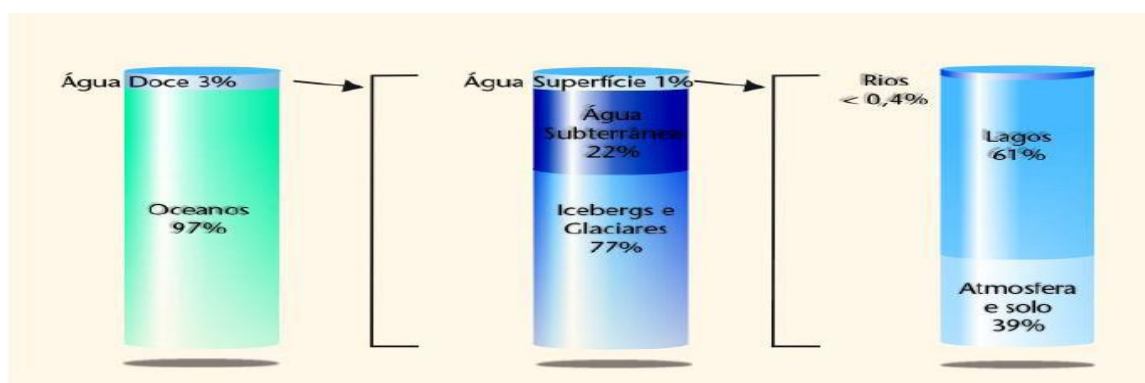
Depois foi efectuada uma análise do estudo de caso – Ilha de Bolama – onde foram recolhidas informações de qualidade da água, nomeadamente dados primários e secundários. Quanto aos dados primários foram utilizados dados recolhidos diretamente das instituições responsáveis pelos serviços de abastecimento e saneamento no país e em particular da Ilha de Bolama. Todas as informações recolhidas foram obtidas por meio de entrevistas com os responsáveis e funcionários. Os dados secundários relativos à qualidade das águas subterrâneas consumidas pela população da ilha de Bolama provêm de outras fontes, principalmente dos resultados das pesquisas de Bordalo & Savva-Bordalo (2007) já que a ilha em estudo não tem laboratório de análise de água (Bordalo, 2014). Os dados secundários relativos à economia e sociedade foram recolhidos durante visitas técnicas à ilha em 2013 junto das autoridades e moradores através de entrevistas e conversas informais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA DE ÁGUA NO MUNDO

4.1.1 Distribuição da Água no Mundo

Os dados da literatura mostram que 3/4 da superfície da terra é coberta de água, segundo a World Meteorological Organization (WMO, 1997). Dá impressão que há água suficiente para todas as necessidades no mundo inteiro. Um estudo feito pelo USGS (2006) aponta que o total de volume de água em todo planeta terra é aproximadamente 1386 milhões de km³. O mesmo estudo acrescenta que, a grande parte está no oceano, que representa cerca de 97 %, ou seja 1344,4 milhões de km³. Os restantes 3% correspondem a 41,6 milhões km³ de água doce (Figura 1).



Fonte: United Nations World Water Development Report, (2003).

Figura 1: Distribuição espacial e quantitativa da água no planeta

De acordo com a figura 1, dos 3% de água doce que estão representadas no bloco de meio, 77% estão nos glaciares e icebergs e 22% constituem a água subterrânea. Do restante 1%, de água superficial, 61% estão nos lagos, 39% na atmosfera e solos, e menos de 0,4% correspondem à água dos rios. Assim, apenas uma pequena percentagem de água doce está disponível à superfície do planeta, e a distribuição dessa quantidade no mundo é desigual, o que leva algumas regiões do planeta a beneficiar de grande quantidade de água, enquanto outras se debatem com quantidades de água muito baixas e enfrentam grandes dificuldades para a sua obtenção, aumentando os seus problemas sociais, económicos e ambientais, conforme foi relatado por Barros (2005).

4.1.2 O Efeito da Expansão Urbana no Ambiente e na Saúde

A expansão demográfica a nível mundial é considerada um dos fatores importantes para o estabelecimento de balanços hídricos, pois tem uma influência na sua procura. Um estudo realizado pela ONU (2005) concluiu que a população mundial estava na faixa de 6,5 bilhões de pessoas, ou seja, um aumento de aproximadamente 380 milhões de pessoas, se for comparada com a quantidade de pessoas no ano de 2000, representando um aumento médio anual de 76 milhões de pessoas em todo o mundo entre 2000 a 2005. O mesmo estudo mostra que houve um crescimento populacional significativo nos países em desenvolvimento, e que o mesmo não aconteceu nos países desenvolvidos, dentro dos valores apresentados.

Esse aumento da população mundial tem uma relação direta com a expansão urbana. A sua compreensão, principalmente nas grandes cidades, é fundamental para entender as mudanças económicas, sociais, políticas e de saúde de um país. Os países em desenvolvimento têm uma grande dificuldade em ter um padrão de urbanização de qualidade para as populações.

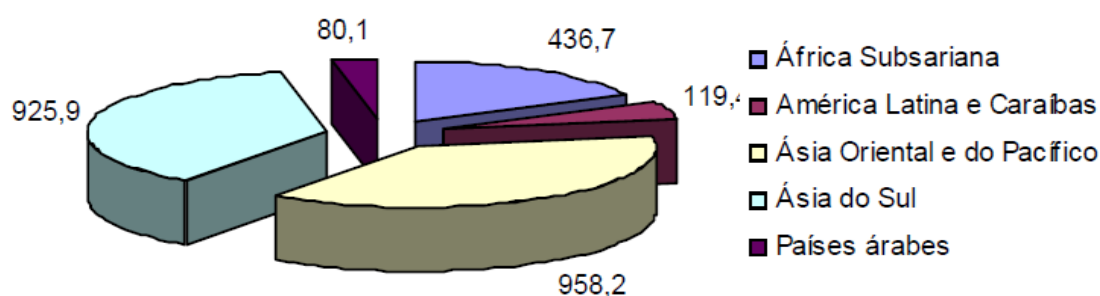
No entanto, a ONU (UN-Water, 2011) afirma que o aspecto importante a levar em consideração é o facto de 93% do processo de urbanização se desenrolar nos países pobres ou em desenvolvimento e de 40% da expansão urbana mundial estar a originar bairros pobres como os bairros de latas.

Alguns estudos calculam que a zona urbana tem aumentado mais rapidamente do que a própria população. UNFPA (2007) afirma que, de 2000 para 2030, o crescimento esperado da população urbana mundial é de 72%, enquanto as áreas construídas das cidades com 100 mil habitantes ou mais devem aumentar 175%. Até 2030, as cidades do mundo em desenvolvimento responderão por 80% da população urbana.

A expansão urbana não planeada principalmente nos países em desenvolvimento representa uma ameaça ao ambiente e conseqüentemente à saúde humana, sobretudo nas zonas periféricas dos centros urbanos, onde a população mais empobrecida ocupa locais altamente vulneráveis. Este crescimento urbano exerce muitas e diversas pressões sobre a qualidade da água, dificulta o acesso ao serviço de saneamento, expondo a população mais pobre a diversos fatores de riscos ambientais e conseqüentemente a problemas de saúde.

4.1.3 Ausência de Saneamento e o seu Impacto na Saúde

O saneamento básico representa o conjunto de ações que se executam no âmbito do ecossistema humano para a melhoria dos serviços de abastecimento de água, tratamento de esgoto, gestão dos resíduos sólidos, higiene domiciliar e uso industrial da água, em contexto político, legal e institucional (OPAS, 2007). O mesmo estudo destaca ainda que o referido conjunto de ações mantém uma inter-relação permanente entre a gestão do saneamento básico e a saúde pública. Infelizmente esse direito público ainda está longe de ser atingido por grande parte da população mundial. Como pode observar-se na figura 2, que representa a distribuição mundial das pessoas sem acesso adequado aos serviços de saneamento, 2,5 mil milhões de pessoas estavam privadas de saneamento adequado em 2006 (PNUD, 2006).



Fonte: PNUD (2006)

Figura 2: Pessoas sem acesso a serviços de saneamento adequados (milhões).

A UNICEF e a OMS (2012) estimaram que em 2015 existiriam 2,6 mil milhões de pessoas em todo o mundo sem acesso a níveis adequados de saneamento básico. Nos países em desenvolvimento somente metade da população total tem acesso a saneamento, sendo que o sul da Ásia e a África Subsaariana (ASS) são as regiões que se encontram em piores condições (UNICEF; WHO 2010). A mesma fonte afirma que para se alcançarem os Objetivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM) – de reduzir pela metade o défice global de saneamento de 1990 –, seria necessário fazer chegar saneamento adequado a mais 120 milhões de pessoas todos os anos, até 2015. Infelizmente a África subsaariana, alguns países da América Sul e algumas regiões da Ásia, ainda estão longe da expectativa, e este efeito já é visível na saúde das populações dessas regiões.

De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2007), estima-se que 24% da morbidade mundial e 23% de todos os falecimentos podem ser atribuídos aos fatores relacionados com o ambiente. Nos países em desenvolvimento a percentagem de mortalidade atribuível a causas ambientais é de 25% e nos países desenvolvidos de 17%. Todos os anos, morrem cerca de 1,8 milhões de crianças em resultado direto de doenças decorrentes de condições de saneamento deficientes ou mesmo totalmente inexistentes (Fuentes *et al.*, 2006).

Prüss *et al.* (2002) afirmam que a proporção de doenças relacionadas a falta de saneamento em crianças menores de cinco anos de idade, na África, é mais de 240 vezes superior à dos países ricos.

4.1.4 Acesso a Água de boa Qualidade no Mundo

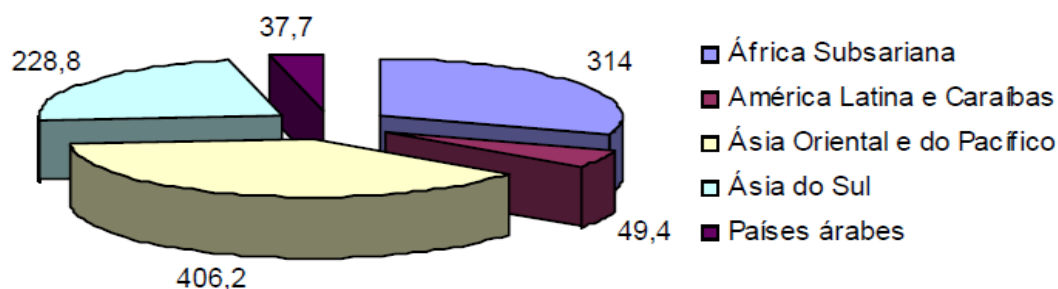
A escassez de água está a aumentar em diferentes lugares do mundo e está a causar problemas graves, como conflitos entre povos, ameaças à sobrevivência de animais e plantas e a comprometer alguns setores da economia, além de já ter causado mortes. Infelizmente a escassez de água potável é cada vez mais frequente, principalmente nos países em desenvolvimento, cuja quantidade e qualidade estão cada vez mais comprometidas. O aumento da escassez de água varia em diferentes regiões do mundo, devendo-se em alguns lugares ao seu uso irracional, enquanto em outros lugares a causas naturais, como a ausência de rio, mar e baixa intensidade da chuva na região.

De acordo com a ONU e a World Meteorological Organization (WMO, 1997), a escassez é causada pela combinação de crescimento populacional, distribuição desigual, o uso irracional e a deterioração da qualidade dos recursos hídricos. É importante que sejam tomadas medidas o mais rápido possível para conter esse uso desenfreado da água. De acordo com a Equipe Educarede (2004), se não forem tomadas medidas urgentes, um terço da população poderá ficar sem água apropriada para consumo até 2025. A fonte acrescenta que o abastecimento de água de boa qualidade para toda população no mundo é o maior desafio da humanidade para os próximos anos.

Caso por exemplo do Continente da Ásia que vê a sua água diminuindo cada vez mais. Postel (1999) aponta que neste continente, em que a água era vista como abundante, o cenário mudou, pois a sua disponibilidade caiu 40 a 60 % de 1955 a 1990.

Ao longo dos anos o mundo vem deparando-se com sérios problemas de fornecimento de água para a população humana, mas esta situação agrava-se nas localidades com maior índice de pobreza. Nos países desenvolvidos, a percentagem de população com acesso à água potável pode chegar aos 100%, enquanto que nos países em desenvolvimento, a falta de água de boa qualidade é um problema (WHO, 2011). Foi neste contexto que se considerou o abastecimento de água como um ODM, tal como o saneamento. A falta de água é uma das atuais crises de humanidade e que, ao ser resolvida, permite solucionar consideravelmente a situação social e de desenvolvimento das populações.

Um Relatório de Desenvolvimento Humano feito em 2006 pela ONU mostra uma difícil realidade vivida em todo planeta em relação ao acesso à água (PNUD, 2006). Este relatório afirma que 1,1 bilhão de pessoas não tinham direito a água potável. A figura 3 mostra a distribuição mundial dos continentes sem acesso ao abastecimento de água potável.



Fonte: PNUD (2006)

Figura 3: Percentagem de pessoas sem acesso a abastecimento de água potável.

E essa ausência de fornecimento de água de boa qualidade para consumo humano, já causou e ainda causa efeitos negativos na saúde das pessoas. Como foi confirmado no mesmo relatório da (PNUD, 2006), a utilização de água subterrânea não tratada para consumo público já expôs cerca de 60 milhões de pessoas à contaminação por arsénico. Os custos humanos projetados para os próximos 50 anos incluem 300 mil óbitos por cancro e 2,5 milhões de casos de envenenamento por arsénico, concluiu o relatório.

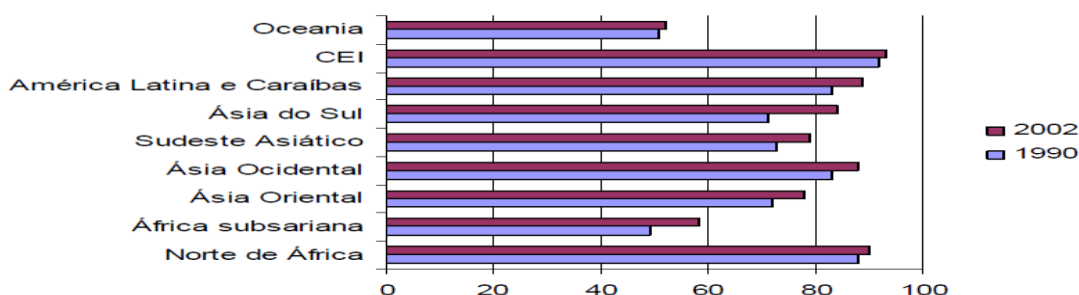
Os estudos estimam que cerca de 50% da população dos países em desenvolvimento esteja perigosamente exposta a origens de água contaminada (Branco, 2007). Quanto aos fatores de

risco de grande importância sob o aspecto preventivo, 40% das doenças ocorridas em 1990 puderam ser atribuídas a 10 fatores de risco e, por ordem de importância, a posição de 2º lugar é dada à água, esgotos, higiene pessoal e doméstica deficientes (Chaves, 1998). Os fatores ambientais estão relacionados com 30% da ocorrência de doenças nos países pobres (Ayach *et al.*, 2009). Os problemas mais comuns são a falta de qualidade da água de consumo, a falta de serviço de saneamento e também a poluição do ar, afirma Kjellén (2001).

A maior causa de morbidade e mortalidade no mundo são as doenças infecciosas veiculadas pela água, afirma (WHO, 2006b). Enquanto que Prüss *et al.* (2002) afirmam que a ausência ou deficiência do abastecimento de água de boa qualidade, de saneamento e da higiene é responsável por 2.200.000 mortes.

De acordo com Heller (2006) morrem muitas crianças por ano em todo mundo por doenças de transmissão hídrica ou doenças de veiculação hídrica, ou seja, a falta de uma condição eficiente de abastecimento de água e tratamento de esgoto. Segundo este autor, essas doenças, quando ligadas à desnutrição, podem enfraquecer as defesas do organismo a ponto de contribuir para outras doenças, podendo culminar na morte.

Ainda o relatório da ONU (2006) afirma que, apesar da difícil situação de acesso a água potável, já existe um sinal de melhoria em diferentes lugares do mundo. De acordo com a mesma fonte, o acesso às fontes melhoradas de água cresceu na década de 90, muito embora, ainda tenha muito a melhorar. A figura 4 mostra a diferença em relação ao acesso à água, entre os anos de 1990 e 2002, em vários lugares do mundo.



(%) Fonte: ONU (2006)

Figura 4: Percentagem da população com acesso a fontes melhoradas de água em 1990 e 2002

A figura 4 evidencia que a situação de acesso a água de qualidade melhorou. Como foi relatado anteriormente de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), pretende-se reduzir, entre 1990 e 2015, a proporção de pessoas sem acesso à água potável e ao saneamento básico em 50% (WHO; UNICEF, 2012). De acordo com WHO/UNICEF (2010), do ano de 1990 para 2008, 1,8 bilhões de pessoas em todo mundo foram privilegiadas com água de boa qualidade.

Apesar de algumas melhoria no acesso a água potável, ainda existem muitas pessoas sem água de qualidade adequada principalmente nas zonas rurais isoladas. De acordo ainda com a fonte supracitada, entre o ano de 1990 e 2010, mais de 1 bilhão de pessoas que vive em áreas urbanas passaram a ter acesso a água potável, mas o número de pessoas que não tinham acesso a boas condições de abastecimento nessa mesma áreas aumentou também, passando de 109 milhões para 130 milhões (WHO; UNICEF, 2012).

Os valores apresentados não significam que todos os continentes e países estejam na mesma condição em termos de melhoria do acesso à água potável. Alguns países de diferentes ou do mesmo continente apresentam grandes dificuldades em ter acesso à água de boa qualidade, principalmente os países que apresentam o nível de pobreza mais alto.

No continente africano, por exemplo, em 2008 somente 48% da população rural tinha acesso à água em condições adequadas, enquanto que nas áreas urbanas 84% da população apresentavam boas condições de WHO e UNICEF (2010). Infelizmente este continente apresenta cidades sem nenhuma rede de abastecimento de água e sistema de serviços de saneamento.

Para WHO (2012), a percentagem de pessoas com acesso a água potável no continente africano subiu, uma vez que saiu de 50% no ano de 1990 para 61% em 2008, sendo que um dos objetivos a atingir é de 68%. Este valor corresponde aproximadamente 0,2 bilhões de pessoas durante os últimos 20 anos.

Anteriormente nesse mesmo item 3.1.4, foi relatado que a escassez de água pode ser por questão natural, como também pela intervenção do homem. A qualidade desse bem indispensável pode ser comprometida também da mesma forma, pode ser por meio natural ou por ação do homem, como crescimento da população, expansão urbana e sobre-exploração.

Estudos apontam que a população humana até 2050 atingirá 9 mil milhões (Matos *et al.*, 2009). O que pode implicar diretamente no aumento no consumo de água, aumentará e comprometerá a sua disponibilidade e a qualidade. A outra razão que pode contribuir significativamente para a contaminação da água é a produção de resíduos. Um relatório de (UNESCO & WWAP, 2003) afirma que cerca de 2 milhões de toneladas de resíduos por dia, em todo o mundo, têm como receptor final a água, sendo que as origens desses resíduos são as indústrias, a agricultura e o sector doméstico, que consomem respectivamente, em média, 22%, 70% e 8% do total da água utilizada. Por fim, outra questão que não deixa de ser importante no comprometimento e na disponibilidade da água são as alterações climáticas.

No ano de 2006 o Relatório de Desenvolvimento Humano apresentado pela (PNUD, 2006) mostra que “o problema de água também está na sua gestão”. O mesmo relatório concluiu que: a escassez física de água, definida como quantidade insuficiente de recursos para satisfazer a procura, é uma das características inerentes à questão da segurança da água em alguns países. A maioria dos países dispõe de água suficiente para satisfazer as necessidades domésticas, industriais, agrícolas e ambientais (PNUD, 2006). A ideia de falta e da confiabilidade na qualidade das águas faz com que muitas pessoas em todo mundo vê a água subterrânea como a solução para o consumo humano.

4.1.5 Uso de Água Subterrânea no Mundo

Segundo Donaire (2007), com a crescente contaminação das águas superficiais, as águas subterrâneas passam a exercer um importante papel como fonte de abastecimento, constituindo a grande reserva de água doce do planeta, em virtude da sua abundância e qualidade.

Em diferentes lugares do mundo, os recursos subterrâneos são fontes básicas de abastecimento de água potável para as populações, principalmente nas zonas onde os recursos superficiais são escassos ou estão deteriorados. Pois isso deve-se ao facto de a água subterrânea não sofrer com as alterações sazonais do clima e não precisar de um tratamento de alto nível tecnológico para serem utilizadas no consumo diário das pessoas, já que são mais “protegidas” dos microrganismos patogénicos e de algumas substâncias químicas e físicas.

De acordo com UNESCO (1992), no período de 1970-1995 foram perfurados no mundo cerca de 300 milhões de poços. Essas obras fornecem águas subterrâneas para o abastecimento de mais de 50% da população do planeta e para a irrigação de aproximadamente 90 milhões de hectares. Os Estados Unidos perfuram, em média, 400.000 poços por ano, com os quais garantem a irrigação de 13 milhões de hectares e o suprimento hídrico de 39% dos serviços municipais de água e de 75% da população rural. Na Comunidade Económico Europeia, 75% dos sistemas públicos de abastecimento de água utilizam água subterrânea, sendo que em alguns países (Dinamarca, Suécia, Bélgica, Alemanha e Áustria) esse percentual chega a superar os 90% OCDE(1989).

Vários países utilizam quase exclusivamente água subterrânea como fonte de água potável, como a Áustria e Dinamarca, alcançando um índice de 99% e 98%, respectivamente. Suíça, Portugal, Itália e Alemanha utilizam água subterrânea para mais de 70% de suas necessidades de consumo (EEA, 1999). De acordo com USEPA (2004), no Estados Unidos, mais especificamente no Havaí, utilizam água subterrânea para 95% de suas necessidades. Em áreas rurais dos EUA, 96% da água doméstica provêm da água subterrânea, apesar da média americana para o uso da água subterrânea para fins domésticos ser de 28%, muitos Estados e cidades dependem fortemente deste recurso. Essa importância que a água subterrânea apresenta fica cada vez mais evidente em todos lugares do mundo, não somente na Europa, EUA como na América Latina, Ásia e África. Segundo WHO (2006a), muitas das grandes cidades de america latina mundo, como por exemplo a Cidade do México, Lima, Buenos Aires e Santiago do Chile, utilizam a água subterrânea como principal fonte de abastecimento. Nos países da Ásia tem-se a Índia, China, Bangladesh, Tailândia, Indonésia e Vietnam, onde mais de 50% das fontes potáveis são provenientes de águas subterrâneas.

O uso intensivo deste bem, deve-se à sua boa qualidade. Estudos (Ferreira *et al.* 2007) apontam que a água subterrânea normalmente apresenta níveis adequados de qualidade, e qualidade que pode ser considerada compatível com os padrões de potabilidades. Por razão de seu filtro natural, às vezes a água subterrânea não precisa de uso de filtro para o seu tratamento, pois os níveis de turvação e cor são baixos. Além desses fatores, a presença de microrganismos patogénicos, como protozoários, vírus e bactérias, é naturalmente baixa na água subterrânea (Libânio, 2010). Quanto às condições químicas, a água subterrânea pode estar de acordo com o tipo de solo e características composicionais da rocha aquífera (Oliveira, 2011), pois certos aquíferos podem ter sais solúveis em grande quantidade. Por

isso, em algumas situações essas águas podem não ser adequadas para consumo humano. Pode ocorrer também dureza nas águas subterrâneas, apesar de a água com esta qualidade não ser prejudicial à saúde humana, tem efeito económico negativo, o que a leva a um tratamento especial de amaciamento (Yassuda & Nogami, 1987).

Estudos feitos por Krebs (2004) defendem que as características químicas das águas subterrâneas são influenciadas por uma tendência de aumento de sólidos dissolvidos, principalmente na água quase parada, o que proporciona uma interação mais demorada entre os minerais do aquífero e da água. Ainda de acordo com o autor, entende-se que a vantagem da água subterrânea tem por característica o facto de ela sofrer fisicamente um processo de depuração por filtragem, tornando-se incolor e translúcida. Um processo natural de depuração também ocorre com os organismos vivos, os quais são retidos tanto pela filtração como pela adsorção dos grãos minerais.

Cajazeiras (2007) e Donaire (2007) descreveram algumas vantagens que a água subterrânea apresenta em relação à água superficial:

- Não ocupa espaço em superfície (ao contrário de açudes);
- A sua extração perto do local de uso;
- Sofrem menor influência de variações climáticas;
- Apresentam maior volume de reservas;
- A sua qualidade (física, química e biológica) é melhor;
- A sua proteção natural contra agentes poluidores, entre outras.

As características das águas subterrâneas, ilustradas por Alves (2007), apesar de possuir algumas desvantagens como dureza elevada e níveis elevados de ferro e manganês, apresenta uma grande vantagem no seu uso, pois encontram-se, geralmente, ao abrigo de fontes de poluição e distinguem-se por apresentarem uma grande regularidade das suas características ao longo do tempo: pequena turvação; baixo nível de cor; níveis de microrganismos patogénicos baixo ou nulos; temperatura constante.

Outra vantagem da água subterrânea é a facilidade na sua obtenção. Segundo Heller e Pádua (2006), os poços manuais simples são recomendados para abastecimento de residências

unifamiliares ou de pequenos agrupamentos populacionais. A escavação é feita manualmente, o poço deve ter a forma cilíndrica com diâmetro em torno de um metro. A profundidade deve ser suficiente para atingir a superfície livre do aquífero superior (lençol freático) e nele penetrar pelo menos um metro.

4.1.6 A Poluição e Contaminação da Água Subterrânea

Uma exploração excessiva dos aquíferos pode conduzir a diversas situações problemáticas. Para além da sua rápida depleção, muitas vezes irreversível, pode assistir-se, entre outros fenómenos, a um aumento da poluição, a uma degradação dos ecossistemas dependentes desses aquíferos, à ocorrência de intrusão salina, subsidência dos solos, etc (Silva & Araújo, 2003). Estes fenómenos devem-se também ao aumento da população e das taxas de consumo *per capita* da água e sobre-exploração dos recursos que é superior à recarga natural (Heller, 2006). Em diferentes cantos do mundo, principalmente nos países em desenvolvimento, no qual ocorre rápido crescimento industrial, é cada vez mais frequente a preocupação com os poluentes como os provenientes de esgotos domésticos – resíduos sólidos urbanos e a poluição por substâncias ácidas e metais pesados –, que acarretam certo perigo à qualidade da água subterrânea, que as vezes são único recurso para consumo pela população local.

A recarga de água do subsolo, na maioria das vezes, depende das chuvas, por meio da infiltração, por isso as atividades humanas realizadas nos solos podem comprometer a qualidade da água subterrânea. Ribeiro *et al.*, (2007) disseram que a poluição de aquíferos ocorre onde a carga contaminante gerada pela atividade antrópica (urbana, industrial, agrícola, mineradora) é inadequadamente controlada e certos componentes excedem a capacidade de atenuação das camadas do solo.

4.2 INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA

A água tem grande capacidade de dissolver substâncias, seja ela subterrânea ou superficial. A qualidade da água pode ser comprometida por diferentes fatores como: clima, (insolação, vento, precipitações pluviométricas, temperatura) origem da água (rios, lagos ou águas subterrâneas), pelas características da zona (solo, vegetação, espécies de seres vivos presentes e dinâmica das comunidades), sem esquecer o fator importante que é o problema antrópico. Isso demonstra que a qualidade da uma água depende não só das atuações diretamente dos

homens mas também do ambiente (Derisio, 2007). A qualidade de uma água depende então dos fenômenos naturais e/ou das atividades dos homens.

Para caracterizar uma água, é necessário determinar diversos parâmetros que representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso (Von Sperling, 1996). Os referidos parâmetros de qualidade são definidos como sendo o limite máximo de substâncias presentes nos recursos hídricos, para que se possa assegurar características adequadas para o consumo humano, considerando-a assim uma água de qualidade.

Até o começo do século passado (XX), para considerar uma água pura bastava que essa fosse limpa, agradável ao paladar, e não apresentasse nenhum cheiro desagradável. Hoje em dia, para água ser considerada de boa qualidade não basta só ter um cheiro agradável e limpa, mas é necessário uso de análises que quantificam algumas propriedades e depois compará-las com os valores de limites exigidos pela lei, que regulamentam a água destinada ao consumo público (Alves, 2007).

Nem toda a água deve ser considerada de boa ou má qualidade, isso depende muito do seu uso e da sua finalidade. Partindo dessa premissa, Filho & Branco (1964) estabelecem que para designar uma água como sendo de boa qualidade ou pura é importante levar em consideração a sua finalidade e destino. Por exemplo, uma água quente e corrosiva seria de má qualidade na produção de vapor, similarmente uma água turva torna-se inaceitável para consumo doméstico, e uma água dura, em lavandarias, é economicamente inaceitável; uma água residual é considerada inaceitável para consumo humano.

Para Pereira (2004), todas as fontes de água relatadas acima possuem um certo nível de poluição, que é avaliada por meio das suas características físicas, químicas e biológicas. O mesmo autor disse ainda que o parâmetro físico é um estudo de ponto de vista dos sólidos suspensos coloidais e dissolvidos no ambiente aquático, o parâmetro químico trata das substâncias orgânicas e inorgânicas na água; enquanto o parâmetro biológico trata da presença de animais, de vegetais, de organismos unicelulares ou qualquer entidade biológica na água. Cada um desses três parâmetros estão relatados com maior detalhe na sequência desse trabalho.

4.2.1 Indicadores Físicos

As características físicas das águas de abastecimento incluem normalmente os parâmetros de cor, turvação, temperatura, sabor e odor (Libânio, 2010).

A presença da **cor** nas águas pode alterar o seu aspecto visual e diminuir a penetração da energia solar no corpo hídrico. A água considerada de boa qualidade num aspecto estético deve estar praticamente livre de cor. A influência das mudanças na cor da água depende de fatores naturais ou artificiais. De acordo com a Scuracchio (2010), a alteração no aspecto visual da água pode acontecer por razão da quantidade das substâncias químicas dissolvidas ou sólidas em suspensão. Numa situação normal, a cor da água significa que os ácidos húmicos e taninos estão presentes, cuja origem é a decomposição de vegetais e, deste modo, não existem problemas para o seu consumo, ou seja, o seu uso não faz mal à saúde dos consumidores. Mas quando a presença de cor na água é artificial, ou seja, quando ocorre uma intervenção do homem, como a presença de esgotos urbanos ou efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos, etc), lignina e celulose (efluentes de indústrias de celulose e papel, da madeira, etc.), pode criar sérios problemas à saúde dos consumidores. Os compostos inorgânicos também podem ser responsáveis pela cor da água. Os principais intervenientes neste parâmetro são os óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo.

A diferença entre a cor e a **turvação** é que, na primeira, a maioria das substâncias presentes no meio estão dissolvidas, enquanto, na segunda, grande parte das partículas estão suspensas na água. Para Scurachio (2010), a turvação é a quantidade de partículas de diferentes tamanhos. Um dos grandes problemas de turvação na água é a elevada dispersão de luz solar, o que pode deixar a água um pouco escura. Com essa característica, a água torna-se indesejável para os consumidores. A pesquisadora afirma ainda que as causas de turvação são a presença de materiais orgânicos (argila, lodo, areia, silte), a descarga de esgoto doméstico ou industrial, e a presença de materiais orgânicos, como algas, bactérias e diferentes planctontes. Alves (2010) afirma que o alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso na água pode servir de abrigo para microrganismos e, conseqüentemente, pode dificultar o tratamento da mesma, causando problemas na saúde dos consumidores. Por isso, é importante levar em

consideração os limites máximos postos nas leis nacionais e internacionais para melhor garantir a maior segurança para o consumo da água.

De acordo com Von Sperling (1996), o aumento da **temperatura** origina o aumento da taxa das reações químicas e biológicas e diminui a solubilidade dos gases, assim como aumenta a taxa de transferência destes, o que pode ocasionar mau cheiro.

Variações de temperatura fazem parte do regime climático normal, e corpos de águas naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A elevação da temperatura da água geralmente pode também ser provocada por descargas industriais e centrais termoelétricas (CETESB, 2009). À medida que a temperatura aumenta de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, ao passo que a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam a solubilidades da água.

A presença de **odor e sabor** na água de abastecimento público faz com que os consumidores deixem de consumi-la, levando-os a procurar outras fontes para o consumo. O consumidor espera ter acesso a uma água agradável e sem cheiro (Batallha & Parlato, 1977). Os pesquisadores classificaram as fontes de odor e sabor nas categorias naturais e artificiais. Os mesmos autores acrescentaram que a presença de odor e sabor na água são devido às algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos e compostos inorgânicos (gás sulfídrico, sulfatos e cloretos). Mas a presença das mesmas na água, numa condição artificial, podem ter origens através das águas residuais domésticas ou industriais: produto das atividades do homem. Os odores e sabores artificiais também podem dever-se a fenóis, cresóis, mercaptanos e certas amímas. Em geral, são substâncias orgânicas, com exceção do gás sulfídrico e alguns compostos. O fenol por si só produz sabor e odor a uma concentração de 1 mg/L (Alves, 2007). Estes dois parâmetros geralmente são fáceis de encontrar nas águas superficiais, e mais difíceis de encontrar nas águas subterrâneas.

4.2.2 Indicadores Químicos

As substâncias químicas podem ser encontradas em diferentes ambientes naturais, uma vez que nem todos os compostos químicos presentes na água do consumo são provocados pelas atividades do homem. As substâncias químicas, como quaisquer outros produtos, cuja

presença é exagerada na água do abastecimento público, pode tornar-se um perigo à saúde pública. De entre as substâncias químicas, destacam-se o ferro e o manganês – que podem não conferir perigo para a saúde humana – o fósforo e o nitrato, entre outros – que são indicadores de poluição da água.

O **ferro** é um elemento químico conhecido como um dos metais mais abundantes que existe na crosta terrestre. A presença de ferro na água pode ocorrer independentemente da influência das atividades do homem. O ferro pode ter origem pela lixiviação dos solos, atividade industrial (indústria metalúrgica), corrosão de canalizações metálicas, ou o uso de sais de ferro como agentes de coagulação/floculação, conforme disse Nogueira (2007). A OMS estabeleceu o valor da concentração máxima de ferro total na água de consumo humano em 0,3 mg/l (Alves, 2007). Este elemento químico é considerado essencial à nutrição humana. Quando o nível de ferro é acima do valor máximo estipulado na água, pode alterar a sua qualidade, permitindo que o sabor seja desagradável, com cor avermelhada, aspecto turvo e neutralização dos desinfetantes (Nogueira, 2007).

Segundo Nogueira (2007), a presença do ferro numa água pode facilitar o desenvolvimento de bactérias, aumentando o teor de microrganismos e, particularmente, de *Escherichia. coli*, degradando a qualidade microbiológica da água.

Para Batallha & Parlatore (1977), o **manganês** é uma substância química mais fácil de se encontrar na água subterrânea do que na água superficial. Na água superficial o oxigénio presente no meio oxida a forma menos solúvel do óxido de manganês hidratado. Segundo os mesmos autores, existem dois motivos para controlar o limite do manganês nas águas utilizadas pelos seres humanos, são elas:

- 1) Prevenir os prejuízos de ordem estética e económicas;
- 2) Evitar efeitos fisiológicos adversos devido ao seu consumo excessivo

Batallha & Parlatore (1977) afirmaram ainda que, no que diz respeito à questão sanitária, não existe nenhuma indicação de que o manganês possa constituir um perigo aos consumidores, particularmente em questão de toxicidade. Estudos afirmam que a presença deste elemento na água de abastecimento público depende das suas concentrações, podendo deixar uma água de

cor amarelada e turva, acarretando ainda um sabor amargo e facilitando a fuga dos consumidores à procura de outras alternativas.

De acordo com Alves (2010), tanto o fósforo como outras substâncias químicas podem ter sua origem natural ou artificial. No entanto, a maioria do fósforo na água é originário da atividade humana: descargas de esgotos urbanos detergentes, indústrias de fertilizantes e pesticidas, conservas alimentícias, constituem as principais fontes de contaminação de fósforo. A presença de fósforo na água pode facilitar o crescimento de grande quantidade de algas e microrganismos. Quando a sua quantidade é elevada, pode provocar a eutrofização.

Os nitratos são encontrados normalmente no ambiente aquático. Na água superficial, este composto é encontrado em baixo teor, mas pode chegar a altos níveis na água mais profunda, em função das condições geológicas presentes. O nitrato representa a etapa final da oxidação da matéria orgânica, cuja origem tem muito a ver com as atividades do homem. Estes compostos não devem atingir os lençóis freáticos. Pois alguns autores como (Lewis, *et al.* 1986) avisam sobre os perigos da presença de nitrato na água de abastecimento público, tendo em vista que podem provocar problemas sérios na saúde humana, principalmente nas pessoas que são mais vulneráveis, como as crianças. Segundo o padrão de potabilidade da OMS, uma água não deve ter mais do que 50 mg/l de NO_3^- .

Para Batallha & Parlato (1977), os envenenamentos com nitrato podem ocorrer principalmente por uso de água do poço com nitrato (NO_3^-), com o nível de concentração acima de 10 mg/l. Eles argumentam ainda que uma concentração de nitrato elevada é frequentemente encontrada nas águas dos poços pouco profundos, principalmente nos lugares onde existem dificuldades de proteger os poços de estábulos ou fossas sépticas, água de drenagem, produtos da fertilização dos solo e despejos de indústrias.

4.2.3 Indicadores Microbiológicos

Para além das preocupações dos problemas criados pelos parâmetros físicos e químicos na água de abastecimento público, também existe a preocupação para minimização das presença dos microrganismos que podem representar riscos para a saúde das pessoas. Como parâmetros biológico, normalmente é analisada a presença de diversos organismos, como bactérias, protozoários e vírus.

Libânio (2010) disse que uma das características biológicas das águas trata da presença dos diversos microrganismos que habitam naquela ambiente. O autor disse ainda que a sua relevância manifesta-se na possibilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos como o azoto.

Existem diversas matérias suspensas nas superfícies da água, como foram mencionados nos parâmetros físicos deste trabalho. Oliveira *et al.* (1978) afirma que, entre as matérias suspensas na água, existe a “parte viva, que são os organismos presentes que também constituem impurezas, e que conforme a sua natureza podem ter grande significado para os sistemas de abastecimento de água. A autora disse que algumas bactérias, vírus e protozoários provenientes de diferentes origens são patogénicos e podem transmitir doenças e provocar epidemias.

- As Bactérias

Segundo Filho & Branco (1964), as bactérias são os seres vivos mais abundantes e mais distribuídos na água. Os pesquisadores acrescentam ainda que estes seres vivos estão presentes em todos os lugares onde encontram água: tanto nas águas superficiais, onde apresentam grande quantidade, como na água subterrânea, onde atingem menores densidades. Existem bactérias de diferentes ambientes, como é o caso das bactérias das águas naturais, bactérias do solo e bactérias intestinais ou de esgoto.

As Bactérias das Águas Naturais: Apesar de grande parte das bactérias conhecidas como as bactérias heterotróficas da microbiota da água natural serem conhecidas como não patogénicas, é de suma importância que as suas quantidades sejam muito bem controladas, pois a alta concentração destas bactérias podem alterar a qualidade da água, criando odores e sabores desagradáveis, aumentando a dificuldade na deteção de alguns coliformes (Alves, 2010).

As Bactérias do Solo: De acordo com Filho & Branco (1964), essas bactérias podem ser encontradas no solo, principalmente depois de uma intensa chuva e no decorrer de uma cheia. Grandes quantidades delas podem ser encontradas também nas águas superficiais. Geralmente a sua vida é muito limitada quando não está no seu ambiente natural. A sua retirada do meio natural às vezes ocorre por causa da sedimentação da turbidez que acontece durante escoamento

da água. As espécies de bactérias mais frequentes neste meio são as Gram-positivas, aeróbias e esporuladas do gênero *Bacillus* (*B. cereus* *va.* *mycoides* e *B. Subtilis*), sendo o último conhecido também como bacilo de feno, não fazendo a fermentação dos carboidratos com produção de gás, como fazem outros *bacilli* (*B. macerans* e *B. polymixa*). Além de outras bactérias filamentosas que podem ser encontradas tanto nas águas frescas como nas águas paradas, como é o caso da *Sphaerotilus dichotomus*. Os mesmos pesquisadores concluíram que esses organismos são geralmente, destituídos de significado sanitário na água; mas a presença de membros do subgênero *Aerobacillus* pode confundir o teste presuntivo e o completo para as bactérias coliformes.

Os mesmos autores dizem que existem outros grupos de bactérias presentes neste meios, que são encontradas nas águas subterrâneas. Entre estas bactérias, a mais vulgar é *Crenotrix polyspora*, que é uma das bactérias ferruginosas, responsáveis pela oxidação do ferro de canalizações. As bactérias do manganês desenvolvem o óxido de manganês a partir do carbonato manganoso e produzem dióxido de manganês. Apesar de serem consideradas não patogênicas, podem provocar algumas mudanças nos aspectos visuais da água do consumo humano, como a cor da água, o que pode facilitar a sua rejeição por parte dos consumidores (Filho & Branco 1964).

As Bactérias de Esgotos: *Clostridium sporogenes* encontra-se também no intestino do homem e dos animais, além de existirem no esgoto, na poeira, no leite, nos alimentos secos (trigo e milho, p.ex.) e no solo. Não são patogênicos, mas são muito abundantes em toda natureza. Já *Clostridium perfringens*, apesar de ser uma espécie bem próxima daquela, é uma espécie patogênica (Filho & Branco, 1964). O autor disse que na água, independentemente da finalidade do seu uso, quando existe a presença de bactéria *Streptococcus* (*S. faecalis*), significa que ocorreu alguma poluição recente, proveniente do esgoto, pois estes microrganismos não aguentam viver muito tempo fora do corpo humano.

Uma das bactérias mais comuns e que geralmente é encontrada no trato intestinal do homem e dos animais de sangue quente é *Escherichia coli*. A presença das famílias dos grupos de coliformes na água compõe o identificador mais sensível e seguro de poluição proveniente do esgoto (Filho & Branco, 1964).

Os coliformes são conhecidos como bactérias bacilares, Gram-negativas, aeróbias facultativas e não formadoras de esporos, que fermentam a lactose produzindo gás, no decorrer de um período de 48 horas, a 36 °C. Os coliformes, apesar de pertencerem o grupo das bactérias entéricas, incluem também espécies geralmente inofensivas, como, por exemplo, algumas do género *Enterobacter*. Enquanto *Escherichia coli*, é um organismo intestinal comum e ocasionalmente patogénico, *Klebsiella pneumoniae* é também uma espécie que habita no trato intestinal humano, considerada um agente patogénico menos comum (Madigan, *et. al*, 2009).

Grupos de coliformes são depositados diariamente no ambiente, numa quantidade muito elevada, através das fezes. De acordo com Libânio (2010), de todo o volume das fezes diariamente depositados por um indivíduo, as bactérias correspondem ao equivalente a 1/3 ou 1/5 do peso total das fezes, o que as coloca em maior concentração nas redes de esgoto doméstico.

Para Alves (2007), mesmo sabendo dos tipos de microrganismos responsáveis pelas doenças infectoparasitárias, é muito difícil a sua identificação e quantificação em água de abastecimento, mesmo com ajuda do laboratório não é fácil identificá-los. Os microrganismos patogénicos geralmente apresentam um baixo número na água de consumo, para o qual é preciso uso de grande quantidade da água para o estudo. Mas, com ajuda dos microrganismos não patogénicos conhecidos como indicadores, os agentes patogénicos podem ser identificados nas águas poluídas e contaminadas. A autora acrescenta ainda que, no intestino humano, residem diferentes tipos de microrganismos, tanto patogénicos como não patogénicos, e estes últimos representam o maior número no meio intestinal.

A mesma autora disse que, uma pessoa pode eliminar até 100 mil milhões de microrganismos não patogénicos por dia nas fezes. Também existe a grande possibilidade destes microrganismos serem encontrados nas fezes dos animais de sangue quente, o que pode fornecer a informação. Estes microrganismos não patogénicos têm algumas semelhanças com os patogénicos, como, por exemplo, a resistência à temperatura, e a alguns agentes desinfetantes. Estas semelhanças tornam-se totalmente essenciais para os estudos e análise da qualidade da água. A autora acrescenta que, se estes microrganismos não patogénico tivessem menos tempo de vida do que os patogénicos, não poderiam ser os indicadores de qualidade de água do consumo humano. Também, se as suas vidas são mais alongadas em relação aos patogénicos, poderiam manter-se em águas que já não têm os microrganismos patogénicos.

Essas bactérias pertencentes ao grupos de coliformes que geralmente habitam no trato intestinal dos homens e dos animais de sangue quente, servem, neste caso, como indicadoras da contaminação de água por fezes, mas também são encontradas naturalmente no solo e vegetação (Libânio, 2010).

Alves, (2007) afirma que os microrganismos utilizados como indicadores pertencem a um grupo de bactérias intestinais pertencentes a três pequenos grupos: coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais (ou enterococos).. A sua presença na água de abastecimento demonstra claramente a existência de uma provável contaminação de origem fecal e, conseqüentemente, riscos à saúde da população.

Coliformes Totais: de acordo com Miguel (2007), este grupo de bactérias inclui diferentes gêneros, como *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia* e *Citrobacter*; todos da família *Enterobacteriaceae*. Estes coliformes não são exclusivos das fezes, estão presente também nos vegetais e solo, mas podem ser utilizadas como indicadores de contaminação orgânica recente. Esta família inclui também algumas espécies que vivem em ambientes aquáticos que não estão poluídos. O que distingue essas bacterias das outras são as suas características, por serem bactérias Gram-negativas, aeróbias ou anaeróbias facultativas, não formadoras de esporos, em forma de bastonete, capazes de fermentar lactose a 35-37°C com produção de ácido, gás e aldeído em 24 a 48 h. Têm também a capacidade de se desenvolver mesmo na presença de sais de biliar ou de alguns agentes tenso-ativos, com propriedades inibidoras do crescimento de outras bactérias. São também oxidase negativas e, por definição, exibem actividade da β -galactosidase. Por se encontrarem em grande quantidade e serem fáclmente detetadas, tornaram-se um instrumento largamente reconhecido como indicadores microbianos para estudo da qualidade da água de abastecimento público. A importância da sua função para tratamento de água no que diz respeito à remoção de bactérias fecais torna-se cada vez mais importante. Não sendo exclusivamente fecais, os Coliformes Totais podem indicar outro tipo contaminação orgânica que não a estritamente de fezes.

Coliformes Fecais: ao contrário dos Coliformes Totais, o grupo de coliformes fecais é exclusivamente do trato intestinal. Nos testes laboratoriais das diferença que estes dois coliformes apresentam, percebe-se que está se dá através da temperatura. Os coliformes fecais suportam temperaturas mais elevadas que os coliformes totais, sendo os primeiros capazes de sobreviver até numa temperatura de 44 °C. A presença de grupo de coliformes fecais numa

água, independentemente da sua natureza, permite concluir que houve o contato entre água e material fecal, podendo não ser só das fezes humanos, como também dos animais, (Alves, 2007). Incluem-se aqui o grupo designado por coliformes termotolerantes, podendo a sua presença na água estar ligada à ocorrência de *Escherichia coli* (Bühler, 2011).

Enterococos: no laboratório de análise de água não é frequente a identificação dos *Streptococos Fecais* (EF) ou enterococos. De acordo com a Alves, (2007), este grupo é um componente de um subgrupo importante, pois eles fazem parte das espécies do género *Streptococcus*. Como os grupos de *Coliformes Fecais* (CF), a origem dos *Streptococos Fecais* é quase exclusivamente do trato intestinal do homem e de animais de sangue quente, implicando a percepção da presença destes microrganismos na água, claramente a existência da contaminação de origem fecal no meio. A mesma autora afirma que, contabilizar os números de microrganismos destes dois subgrupos na amostra de uma água, permite uma abordagem que ajuda a entender a origem da contaminação fecal, nomeadamente através do resultado da razão CF/EF. Sendo esta maior que 4, este resultado leva ao entendimento de que há contaminação predominante das fezes humana, caso resultado dessa relação seja menor que 1, a contaminação fecal será predominantemente dos animais de sangue quente.

Protozoários

Entre os parasitas usuais nas fontes de abastecimento de água, os mais vulgares são protozoários, já que estão presentes até nas águas consideradas muito limpas e totalmente protegidas de qualquer contaminação. As suas formas na natureza podem ser de cistos e oocistos, o que explica a sua prevalência em diferentes ambientes, sendo difíceis de controlar nas fontes de abastecimento público. É importante deixar bem claro que os cistos destes microrganismos são resistentes a desinfetantes, principalmente ao cloro, cuja principal ação é inativação, que consiste na ruptura/oxidação da membrana celular do microrganismo. Por isso, a deteção destes microrganismos como indicadores da qualidade da água do abastecimento público, podendo muitos deles ser patogénicos (Libânio, 2010).

Dentre os protozoários, os estudos apontam um género mais frequentes nos sistema de abastecimento público de água, *Giardia*, cujas espécies podem ser encontradas com mais

frequência nas águas naturais de consumo humano. Conforme aponta Libânio (2010). *Giardia intestinalis* é detetada sob a forma de cistos elipsoidais, com a dimensão de 6 a 14 microómetros. Apresenta dose infectante de 1 a 10 cistos, condicionada à idade e ao estado de saúde do indivíduo, sendo a principal via de transmissão a hídrica. Estima-se que de 100 mil a 2,5 milhões de pessoas são infectadas anualmente nos EUA, sendo este gênero o dos protozoários parasitas mais frequentemente detectados em todo Globo.

Giardiase é a doença provocada por este eucariota unicelular flagelado. Apesar da existência das outras formas de transmissão desta doença, a principal resulta do consumo da água contaminada por fezes. *Giardia intestinalis* foi considerado o agente infeccioso em apenas um dos 26 surtos recentes de doenças infecciosas transmitidas pela água potável que ocorreram nos Estados Unidos (Madigan *et. al.*, 2009).

Amebíase: em todo planeta, o microrganismo *Entamoeba histolytica* é conhecido também como um agente patogênico. A sua ingestão pode ser por via alimentar, sendo a mais frequente através de água contaminada. De acordo com (Madigan *et. al.*, 2009) este microrganismo pode provocar um efeito muito grave na saúde das pessoas caso o seu tratamento não seja rápido.

Se não tratados, os trofozoítos invasivos de *E. histolytica* podem invadir o fígado e, ocasionalmente, os pulmões e o cérebro. O crescimento nesses tecidos pode provocar abscessos graves e morte. Em todo o mundo, aproximadamente 100.000 indivíduos morrem a cada ano em decorrência da disenteria amebiana invasiva. A doença é extremamente comum em países tropicais e subtropicais ao redor do mundo, com pelo menos 50 milhões de indivíduos desenvolvendo diarreia sintomática anualmente, enquanto um número até dez vezes maior apresenta a doença assintomática.

Vírus

Os vírus podem estar no trato intestinal e posteriormente podem ser eliminados, por meio de fezes no ambiente, e, numa situação de saneamento inadequado, estes podem ser transportados para o ambiente aquático. Madigan, *et. al.*, (2009) dizem que os vírus podem ser adquiridos através da água do consumo e podem provocar sérias doenças aos humanos. Geralmente os vírus que são encontrados na água, liberados a partir das fezes, são:

enterovírus, como o poliovírus e o vírus da hepatite A ou do grupo dos norovírus. Os estudiosos consideram o poliovírus o mais perigoso desses vírus. Apesar desses vírus poderem resistir muito tempo na água, a sua eliminação com substâncias desinfetantes, como o cloro, é certa.

De acordo com pesquisadores Lewis *et al.* (1980), os vírus entéricos, enterovirus verdadeiros e o agente da hepatite infecciosa podem atingir os níveis de lençóis freáticos através da percolação de lixiviados de fossas.

Os vírus não conseguem se multiplicar no ambiente normal, mas têm a capacidade de resistir muitas semanas no ambiente, principalmente no ambiente com a temperatura até (-15°C). Uma água exposta ao esgoto pode ter uma grande quantidade de vírus, (Roque, 1997).

Os grupos de coliformes apresentam-se em grandes quantidades, por isso é fácil de se utilizar para avaliar a qualidade da água, mas também temos outras espécies de parasitas que precisam de atenção no que se refere ao abastecimento de água para a população humana. De acordo com o relato feito por Filho & Branco (1964), os protozoários patogênicos, vírus, larvas de trematódeos, cercárias de schistosomas, ovos de ancilóstomos, tênia e ascáris, todos eles têm grande significado no que diz respeito aos aspectos sanitários imediatos.

4.2.4 As Doenças Transmitidas pela Contaminação e a Poluição da Água

O homem corre sempre o risco de contrair uma doença utilizando uma água contaminada. Pode ser no preparo de alimento, no uso na higiene pessoal, na agricultura, indústria ou lazer. O abastecimento de água contaminada com agentes patogênicos, como também os elementos químicos e físicos alterados, estão ligados a muitas doenças. Se levarmos em consideração algumas doenças, como as gastrointestinais, cuja fonte principal é a infecção através da água contaminada, fica evidente a vulnerabilidade a que as pessoas estão expostas, uma vez que a contaminação da água pode causar problemas principalmente em idosos e crianças, que por terem baixa resistência, são potenciais vítimas fatais.

As doenças provenientes da água podem ser classificadas de duas formas: A primeira é conhecida como doenças de origem hídrica, trata-se da presença de alguns compostos químicos e orgânicos, conhecidos como contaminantes tóxicos presentes na água, num nível

impróprio, que podem provocar doenças como fluorose, metemoglobinemia, bócio e saturnismo, que podem ser contraídas pela ingestão de substâncias químicas na água do abastecimento público (Oliveira *et al.*, 1978). A segunda situação é conhecida como doença de transmissão hídrica, em que o meio transporta o agente infeccioso, tais como os vírus, bactérias, fungos, protozoários, entre outros microrganismos patogênicos, causadores de infecções. Estes agentes são responsáveis por doenças como febre tifóide, disenteria bacilar, entre outros. Também podem causar outras doenças infecciosas como cólera, esquistossomose, doenças de pele e doenças diarreicas. Na tabela 1 abaixo pode-se ver as doenças e os seus agentes etiológicos.

Tabela 1: Principais microrganismos agentes de doenças transmitidas pela água.

	Doença	Agente causal	Sintomas
Bactéria	Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	Febre elevada, diarreia, ulceração do intestino delgado
	Disenteria bacilar	Bacilo disentérico	Forte diarreia
	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarreia extremamente forte, desidratação, alta taxa de mortalidade
	Diarreia	<i>Escherichia coli</i>	Icterícia, febre
Protozoários	Leptospirose	<i>Leptospira interrogans</i>	Febre, náusea, diarreia
	Salmonelose	<i>Salmonella</i>	Diarreia prolongada, com sangramento, abscessos no fígado e intestino fino
	Disenteria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarreia leve a forte, náusea, indigestão, flatulência
Vírus	Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	
	Hepatite infecciosa	Vírus da hepatite A	Icterícia, febre
	Gastroenterite	Enterovírus, parvovírus, rotavírus	Diarreia leve a forte
	Paralisia infantil	<i>Poliomielites vírus</i>	Paralisia

Fonte: Matos 2001

De acordo com Libânio (2010), grande parte das doenças relacionadas com a água, e conhecidas como de transmissão e veiculação hídrica, é transmitida por via fecal, ou melhor, por aqueles microrganismos patogênicos eliminados pelas fezes que chegam ao ambiente aquático. Grande parte dessas doenças ocorrem no continente africano afirma (Oliveira, 2011). Existem problemas de epidemia que acontecem em diferentes lugares do mundo e que têm muito a ver com uso de água microbiologicamente contaminada (Alves, 2010). Essas doenças e os seus efeitos já são conhecidos, mas ainda existe uma dificuldade enorme no seu controle.

Para fazer com que uma água seja livre da poluição e contaminação, é urgente começar a cuidar dela em todas as fases, ou melhor, começar desde a captação, adução, transporte recalque e distribuição, inclusive reservação, bem como na distribuição nos domicílios e edifícios em geral, uma vez que devem ser bem projetados, construídos, operados, mantidos e conservados, para que a água não se torne veículo de transmissão de diversas doenças.

Infelizmente essas situações se agravam nos países em desenvolvimento, como ocorre nos países africanos.

4.3. FILTRO LENTO DE AREIA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Com o aumento da poluição da água, causada por vários fatores, principalmente pela atividade do homem, é crescente a necessidade de se estudar e aprimorar técnicas de purificação da água. Esta necessidade justifica-se mais quando em algumas regiões rurais isoladas, onde não existe rede de água canalizada, a população consome água sem tratamento. Geralmente nesses lugares, a água é captada diretamente na fonte, como de rios, lagos, lagoas, poços poucos profundos ou desprotegidos e água da chuva, não existindo qualquer tipo de tratamento. Esta situação pode provocar doenças devido à existência de microrganismos e partículas nocivas na água. Uma das formas simples que pode ser utilizada para solucionar esse tipo de problema junto dessas comunidades é a aplicação da tecnologia de filtro lento de areia (FLA) para tratamento da água, tendo em conta as condições económicas e tecnológicas das comunidades rurais.

Nos anos recentes, a tecnologia FLA tem sido utilizada principalmente devido à capacidade de remoção de bactérias, vírus e cistos de protozoários como *Cryptosporidium* sp. (Hijnen *et al.*, 2007). Também, os FLA têm sido efetivos na remoção das substâncias químicas como nitrato e ferro (Aslan & Cakici, 2007).

As vantagens dos FLA são: apresentam alta capacidade na remoção de bactérias do grupo coliformes, maior que 3 ordens de grandeza ou seja 99,9%; não precisam de produtos químicos; a falha no funcionamento do filtro lento de areia resulta numa perda de produção e não na perda da qualidade na água tratada; removem uma parte da turbidez; e podem trabalhar com fluxo de água intermitente. A sua instalação é simples, não requer mão de obra altamente qualificada para a sua operação e manutenção, gera água com características menos corrosivas e produz lamas que podem ser utilizadas na agricultura e na piscicultura (Paterniani & Roston, 2003). Esse processo de tratamento de água apresenta ainda outras vantagens, como baixo custo na sua construção, operação e manutenção (Alves, 2007).

O processo do filtro lento de areia também apresenta as suas desvantagens como não poder ser utilizado em águas de elevada turbidez (> 30 UNT), uma vez que isso pode levar ao aumento dos ciclos de filtração (Libânio, 2010). Nesse caso é necessário o uso de outros processos de pré-tratamento como forma de auxiliar no bom funcionamento do FLA.

Conforme afirma Libânio (2010), a filtração de água é uma operação unitária, cujo objetivo é tirar substâncias sólidas da água, que dão turvação e cor à água, e cuja presença pode diminuir a capacidade da desinfecção. O autor relata ainda que, possivelmente, o uso desta tecnologia ter-se-á iniciado no século X A.C., na Índia e na China, com o uso de materiais granulares na parte funda de um poço pouco profundo (poço raso), tendo como principal objetivo melhorar a qualidade da água captada para consumo humano. Mas de acordo com Pizzolatti (2010) foi no ano de 1700 D.C. que a filtração começou a ser considerada como um método eficiente para remoção das partículas suspensas na água, embora o grau de clarificação da água ainda não fosse discutido na época.

Depois dessa data, alguns países começaram a adotar a filtração como método de tratamento de água para melhorar a qualidade estética da água. Em França, no ano de 1750, foram registadas algumas vendas dos primeiros filtros domésticos (Libânio, 2010). No início de 1800, os pesquisadores começaram a entender que existe uma ligação entre a água contaminada ou poluída com as doenças da população e isso motivou o início de tratamento de água como forma de diminuir as doenças provocadas por ela (Riwrb, 2009).

As primeiras estações de tratamento de água para abastecimento público, que faziam uso de filtro de areia e cascalho, foram construídas na Grã-Bretanha e em França, no início do século XIX (Wegelin *et al.*, 1996). Nesse período, a filtração lenta em areia desenvolveu-se como uma técnica eficiente no processo de tratamento de água, sendo de 1804 os registos da primeira estação de tratamento com filtração lenta de areia, que aconteceu na Escócia, na cidade de Paisley, construída por John Gibbs (Peralta, 2005). Mas, na prática, o filtro lento de areia só começou a ser utilizado a partir de 1828, para abastecimento de água para consumo da população de Londres e o mesmo foi construído por James Simpson (Pizzolatti, 2010).

No ano de 1892, foi aprovado de vez o filtro lento na remoção de microrganismos na Alemanha, nas cidades de Hamburgo e Altona. As duas faziam parte das cidade que utilizavam água proveniente de rio Elba. Na cidade de Hamburgo, para tratamento de água,

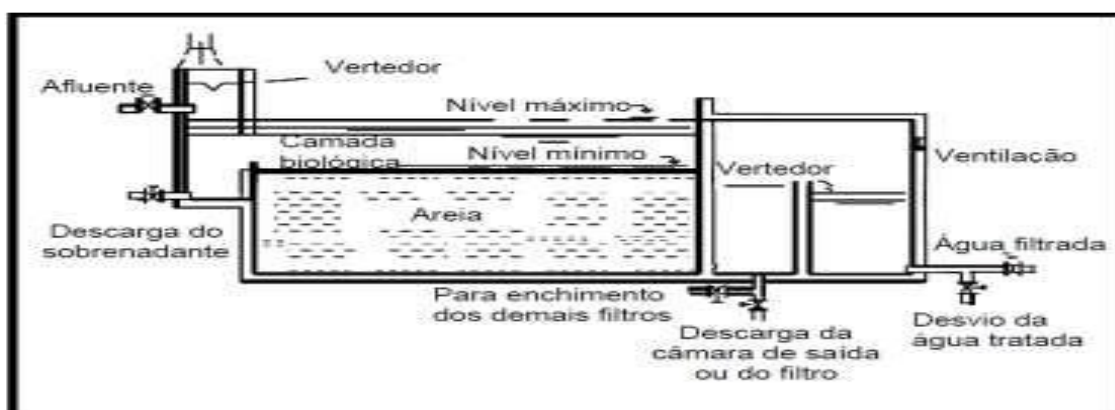
era utilizada a sedimentação, enquanto na cidade de Altona utilizava-se o filtro lento de areia. Mas, com o problema de contaminação de água do Rio Elba, no qual as duas cidade captavam a água, ocorreu uma epidemia de cólera que atingiu um terço da população de Hamburg, vitimando 7582 mortes, enquanto, em Altona, a mesma doença causou somente 328 mortes da população local (Conceição, 2002).

No entanto, entre o século XIX e XX os pesquisadores concluíram que a turbidez não era simplesmente um problema de estética - a matéria em suspensão pode servir de abrigo para os organismos patogénicos, os organismos responsáveis pelas doenças como febre tifóide, disenteria, cólera e demais doenças de veiculação hídrica (USEPA, 2000). Com isso, o FLA continuava a ganhar confiança em diferentes lugares do mundo. Nos anos de 1980, no Reino Unido, a quantidade de água tratada pelo filtro lento correspondia a 28%, e nalgumas partes da Inglaterra que utilizavam a filtração lenta, como método secundário de tratamento de água para o consumo humano, atingia 70% (Londe, 2002).

4.3.1 Desenho do filtro

O filtro lento de areia tem o mecanismo de filtração idêntico aos processos naturais de filtração. De acordo com Pizzolatti (2010), a taxa de filtração lenta é cerca de 20 a 50 vezes menor que os filtros rápidos com valores entre 2 a 14 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Isso permite que o FLA funcione durante cerca de 60 dias sem que a qualidade de água seja comprometida (Medina, 2000). Tomaz (2009) acrescentou que as taxas de filtração lenta descendente geralmente ficam compreendidas entre 2 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (83 $\text{l}/\text{m}^2.\text{h}$) a 6 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ (250 $\text{l}/\text{m}^2.\text{h}$). Este autor afirma que o funcionamento recomendado de um filtro lento de areia é de 100 $\text{l}/\text{m}^2.\text{h}$. Isso resulta num maior período de retenção de água na superfície do meio filtrante o que leva ao desenvolvimento intenso de atividade biológica nas camadas superficiais do FLA. Durante o percurso de água no processo de filtração através de FLA, ao passar pelo leito filtrante, a água muda constantemente de direção permitindo assim que as pequenas partículas presentes na água entrem em contacto com os grãos do meio filtrante promovendo a retenção de parte dessas impurezas (Dias, 2011). Segundo alguns autores (Costa, 1980; Pizzolatti, 2010) se a taxa de filtração diminui rapidamente, a eficiência do tratamento será afectada, uma vez que a pressão no leito filtrante aumenta, provocando bolhas de ar no mesmo, as quais tendem a sair do meio filtrante formando caminhos preferenciais o que pode resultar num tratamento ineficiente.

O filtro descendente é o mais utilizado para o tratamento de água. De acordo com Farias (2011), o filtro lento de areia é caracterizado por uma estrutura tipo tanque, para a entrada de afluente, por uma camada de sobrenadante e pelo meio poroso, composto por uma camada de areia e uma camada de suporte (constituída por material de granulometria maior que areia). Poersch (2012) complementa que um filtro lento é constituído por uma estrutura de entrada, contendo o medidor de vazão, câmara filtrante, descarga do sobrenadante, dispositivo para permitir o enchimento da câmara com água, meio filtrante, camada suporte, sistema de drenagem, válvulas e acessórios de saída. Em geral, as saídas dos filtros lentos são ligados a um canal com um vertedor para garantir o nível mínimo de água no interior da câmara filtrante (figura 5).

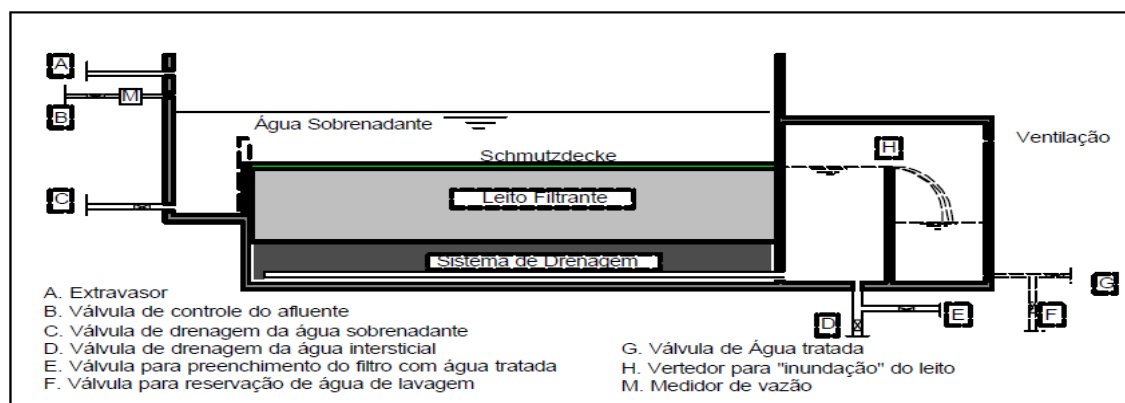


Fonte: Di Bernardo & Dantas (2005)

Figura 5: Esquema de filtro lento com nível de água constante

A estrutura que comporta a camada do filtro e o sistema de drenagem geralmente apresenta a altura total variando entre 2 a 3 m (figura 6), e possui um sistema de válvulas e equipamentos ligados a ela para controle e operação do conjunto (Farias, 2011).

As características do material filtrante são fundamentais para o funcionamento do FLA. De acordo com Van Dijk & Oomen (1978), o comportamento hidráulico, a eficiência de filtração e a eficácia da retrolavagem requerida nos filtros de areia dependem dos seguintes factores: diâmetro efectivo das partículas, coeficiente de uniformidade dos grãos de areia, esfericidade, friabilidade, massa específica, porosidade da camada formada pelos grãos, a relação entre a espessura e o tamanho médio dos grãos que o compõem.



Fonte: Filtro lento (Pyper & Logsdon, 1991).

Figura 6: Arranjo filtro lento com nível de água variável

Di Bernardo & Dantas (2005) realizaram uma pesquisa com diferentes granulometrias de areia e concluíram sobre as características do meio filtrantes mais eficientes. Na tabela 2 observam-se os parâmetros e valores mais utilizados para a camada filtrante de um FLA.

Tabela 2: Características usuais da areia de filtros lentos

Parâmetro	Valor usual
Espessura de camada (m)	0,6 a 0,9
Tamanho dos grão (mm)	0,104 a 1, 0
Coeficiente de desuniformidade	2 a 4
Tamanho efetivo (mm)	0,15 a 0,30
Coeficiente de esfericidade	0,7 a 0,8
Porosidade inicial	0,38 a 0, 40
Massa específico (t/m ³)	2,6 a 2,7

Fonte: Di Bernardo e Dantas (2005)

O diâmetro efectivo (D10) é definido como sendo diâmetro da abertura da peneira que permite a passagem de 10% da amostra do material granular, sendo que o seu valor caracteriza o menor diâmetro de partícula na classificação da areia e indica o tamanho da partícula que será removida pelo meio filtrante. Quanto menor for o diâmetro efectivo (D10) da areia, melhor será a qualidade do efluente, mas menor será o período de tempo de filtração efectiva do filtro, sendo, portanto, necessário a realização de um número maior de retrolavagens. As partículas que podem atravessar o leito filtrante são da ordem de 1/10 a 1/12 do diâmetro efectivo (D10), ou seja, um filtro que possui uma areia com D10 igual a 0,75 mm irá reter impurezas maiores que 0,075 mm (Diogo, 2010).

O coeficiente de uniformidade (CU) ou coeficiente de desuniformidade (CD) caracteriza-se por ser o intervalo de diâmetros de partículas dentro de uma mesma classificação, sendo definido como a relação entre a abertura da peneira que permite a passagem de 60% (D₆₀) do material poroso e a abertura da peneira que permite a passagem de 10% (D₁₀) do mesmo material (Diogo, 2010).

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

- coeficiente de uniformidade (CU)
- Coeficiente de desuniformidade (d₆₀/d₁₀);

O coeficiente de uniformidade (CU) é uma propriedade importante na filtração, pois a penetração das impurezas ao longo do meio filtrante está intimamente relacionada com esse coeficiente. Quanto menor o valor de CU, quanto mais uniforme o material, mais profunda será a retenção das impurezas e maior será a taxa de filtração (Diogo, 2010).

A forma dos grãos permite maiores ou menores retenções, tornando assim necessário caracterizar a esfericidade predominante dos materiais usados na filtração. A escolha certa do material filtrante é essencial e afecta a definição de variáveis relacionadas com o filtro lento de areia, como por exemplo: taxa de filtração disponível, qualidade do afluente, qualidade desejável do afluente e espessura da camada filtrante. As propriedades granulométricas da camada filtrante definirão a estratégia de filtração, pois a remoção de impurezas é inversamente proporcional ao tamanho da granulometria da areia.

O uso de areia muito grossa pode resultar em tempos de filtração mais longos, porém a qualidade do efluente é prejudicada, podendo causar o entupimento dos emissores, enquanto uma areia fina produz um efluente de melhor qualidade, resistindo à penetração dos sólidos que ficam retidos na superfície e com filtração de curta duração. As impurezas depositadas na superfície deste leito tendem a compactar, tornando-se difícil de serem removidas pela lavagem do filtro (retrolavagem), iniciando-se a deterioração da camada filtrante com a formação a acumulação de lamas, e gretas e fendas do meio filtrante.

A perda de carga aplicada sobre o leito filtrante é considerada um parâmetro importante do projeto de FLA. Essa perda de carga depende da qualidade de água bruta, e pode atingir 1,0 a 1,5 m (Di Bernardo & Dantas, 2005). A perda de carga nos filtros descendentes ocorre substancialmente nos 5 cm iniciais do leito filtrante, cuja parcela da perda de carga total pode chegar a 95% do total (Murtha & Heller, 2003). O filtro lento de areia por ter atividade biológica deverá ter sempre uma lâmina de água de, no mínimo, 5 cm (*schmutzdecke*) sobre a areia, para que não se percam ou morram as bactérias.

4.3.2 Mecanismos de Filtração do FLA

Alguns estudos mostram que os mecanismos de filtração do filtro lento de areia podem ocorrer de duas formas, por mecanismos físicos e biológicos. Esses dois mecanismos podem ou não funcionar em conjunto durante a filtração da água (Haarhoff & Cleasby, 1991). É evidente que o mecanismo físico ocorre logo no início da operação de filtro lento, enquanto que o biológico ocorrerá já na fase avançada do processo de filtração. Sánchez *et al.* (1999) referem que o crescimento biológico no leito do filtro exerce uma função crucial em relação a eficácia do tratamento dentro de filtros lentos de areia. Assim, de acordo com Sá (2006) a remoção de partículas ocorre por:

- mecanismo de transporte, que conduz as partículas em direção ao grão de areia;
- mecanismo de aderência, que opera para manter as partículas em contacto com a superfície dos grãos do leito filtrante;
- processo biológico, desempenhado pelos microrganismos responsáveis pela remoção dos contaminantes no filtro lento.

O mecanismo de aderência sofre a influência de interação física-química uma vez que se não houver contacto entre a partícula e a superfície de grão, de nada adianta o transporte da partícula até ao meio filtrante, visto que esta não será retida pela areia (Pizzolatti, 2010).

Quando o filtro é colocado em funcionamento pela primeira vez, os organismos responsáveis pela remoção das bactérias, turbidez, matéria orgânica entre outros, ainda não estão presentes, e necessitam de um tempo de instalação. Por isso, o referido tempo da fase inicial de funcionamento de filtro lento de areia é conhecido como o período de amadurecimento e este período ocorre num espaço curto de tempo, de duas a três semanas no começo da operação do

filtro lento, em resultado do desenvolvimento biológico na parte interna de leito de areia e na camada suporte (Aguila & Di Bernardo, 2003).

Para Bellamy *et al.*, (1985) o nível de crescimento biológico é reconhecido de acordo com a maturidade biológica do leito do filtro de areia. E não é medido, mas depende do tempo de funcionamento de filtro lento e também do tipo de água bruta que está sendo tratada (Logsdon *et al.*, 2002).

De acordo com Aguila & Di Bernardo (2003), o leito de areia pode apresentar diferentes microrganismos que podem ajudar no processo de purificação da água, dependendo das características e funções na cadeia biológica dos mesmos. Os responsáveis pela formação da atividade biológica nos filtros são as bactérias e protozoários (Farias, 2011). As bactérias formam o biofilme na superfície dos grãos de areia que adsorvem as partículas de impurezas presentes na água bruta, enquanto que alguns microrganismos produzem polímeros extracelulares que permitem a aderência das partículas no meio filtrante e melhoram a remoção no filtro. Os protozoários também podem contribuir na remoção de partículas alimentando-se de bactérias, inclusive de patogénicas para o homem (Farias, 2011).

É evidente que com o escoamento da água no meio de areia e as partículas suspensas retidas na parte superior, há um favorecimento da deposição de grandes quantidades de bactérias e outros microrganismos (Aguila *et al.*, 2003). A intensa atividade bacteriana, além da liberação do conteúdo celular, pode ajudar na formação de uma película gelatinosa, promovendo a barreira de partículas suspensas e criando por colmatação uma dificuldade para a passagem de água por gravidade.

Os diferentes organismos presentes na camada biológica do processo crescem dependendo das condições. De acordo com Neves (1987), a taxa de crescimento dos organismos no meio filtrante pode depender da quantidade de matéria presente na água, da taxa de filtração e do tamanho efetivo da areia. As bactérias percorrem as partes mais intensas do leito assim que ocorrer o amadurecimento do filtro (Varesche, 1989 e Murtha *et al.* 2003).

Bellamy *et al.*, (1985) argumentam ainda que existem fatores como a disponibilidade de nutrientes e a temperatura que podem afetar o período necessário à maturação de leito. A forma de funcionamento do filtro lento de areia e as características da água afetam

directamente os processos microbiológicos que são realizados pelo biofilme formado na interface entre a água e a areia. Esse biofilme é desenvolvido em função do tempo do contacto de água com meio filtrante, devido às baixas taxas de filtração utilizadas na filtração lenta (Dias, 2011).

Claro que o nível de desenvolvimento microbiológico no processo do filtro lento não depende somente do seu amadurecimento mas também de fatores como características de água bruta, temperatura ambiente e luminosidade (Sá, 2006). Mas torna-se evidente que o sucesso do filtro lento depende principalmente do processo biológico, pois no começo a eficiência é limitada, mas aumenta à medida que vai crescendo o seu amadurecimento. Após o período de amadurecimento os filtros encontram-se em condições para gerar a água de boa qualidade (Belamy, et al 1985a).

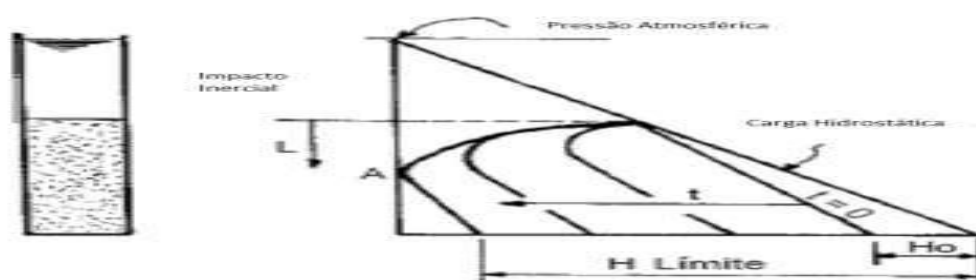
A passagem de água por meio de um material poroso remove a matéria suspensa e coloidal, reduzindo o número de bactérias e outros organismos e destrói a matéria orgânica através de oxidação, sendo a qualidade da água melhorada (Staciarini, 1998). A remoção de vários tipos de partículas e bactérias, nos processos de filtros, ocorre predominantemente nos 30 cm iniciais do leito filtrante, sendo que, para a extensão restante, são observadas apenas variações pouco significativas (Murtha e Heller, 1999b). A eficiência demonstrada em filtros lentos nos 30 cm iniciais do leito filtrante pode indicar a possibilidade de redução da sua espessura útil (mínima) para faixas de 40 a 60 cm que, conforme demonstrado, assegura uma eficiente redução dos indicadores básicos de qualidade da água (Emmendoerfer, 2006).

4.3.3 Características Hidráulicas

De acordo com Azevedo Netto (1979), os filtros lentos de areia conseguem operar de modo declinante ou constante. Do mesmo modo, a altura da água na superfície de areia de filtro pode ser variável ou constante. Por esta razão é necessário criar um mecanismo que continuamente vá repondo o afluente no filtro, para permitir que o nível de vazão seja constante, pois a perda da sua carga aumentará gradualmente. A mesma fonte acrescenta que algumas das características hidráulicas que influenciam o bom funcionamento da filtração são: a) Controle do nível da água; b) Controle dos filtros e c) Controle da vazão.

O controle do nível de água pode ser conseguido por meio de uma válvula ligada à canalização de saída de água filtrada e ativada por um dispositivo flutuador ou por um detector de nível, que fica ligado na superfície do filtro. Enquanto que o controle da vazão, pode ser conseguido na saída da água filtrada ou na entrada da água dos filtros. Na parte final são ligados também vertedores ou orifícios que permitem a entrada de água. Os vertedores têm como principal tarefa, permitir que os filtros acolham quase a mesma vazão de água.

A carga hidráulica disponível e a taxa de filtração são fatores preponderantes na duração do tempo de filtração. A carga hidráulica disponível total é igual à soma da perda de carga inicial e o correspondente tempo de retenção (Di Bernardo, 2003). Na filtração lenta, a ação de filtrar é a predominante, logo a perda de carga varia com o tempo, devido à retenção de impurezas (Di Bernardo, 1993). O autor afirma ainda que quando o meio filtrante está limpo, no início da filtração, o somatório das perdas de carga (meio filtrante, camada suporte, altura de água sobre o vertedor, tubagens e acessórios) define o nível de água no interior do filtro, acima da crista do vertedor de saída. Com o tempo, para compensar a perda de carga decorrente da retenção de impurezas, ocorre o aumento do nível de água no interior do filtro, até que o nível máximo de água é atingido, momento no qual o filtro deve ser parado para operações de limpeza. O diagrama de pressão em um filtro é mostrado na Figura 7 em que pode-se também observar a variação da perda de carga (H_{ft}) com a profundidade do leito (L) e o tempo (t).



Fonte: Maldonato, 2004)

Figura 7: Diagrama de pressão

$$H_{ft} = H_{fo} \cdot e^{kt}$$

equação (2)

Em que:

- H_{ft} : perda de carga num tempo t qualquer (m)
- H_{fo} : perda de carga inicial (m)
- k : coeficiente que depende da taxa de filtração, da qualidade da água do afluente, do meio filtrante, etc. (s^{-1})
- t : tempo de funcionamento (s)

O controle do funcionamento do processo do filtro é muito importante, principalmente o controle da taxa de filtração. Costa (1980) adverte que a ação do tratamento será comprometida se a taxa de filtração enfraquecer de repente, a partir do momento em que a pressão no leito filtrante cresce, criando bolhas de ar no mesmo, as quais tendem a sair do meio filtrante formando caminhos preferenciais o que pode resultar em um tratamento ineficiente.

Uma das diferenças que a filtração lenta apresenta em relação ao filtro rápido é que os grãos dos leitos são muito finos, tendo por finalidade permitir que a velocidade de escoamento seja muito lenta (Alves, 2007).

4.3.4 Eficiências de FLA na Remoção de Substâncias e Microrganismos

Para ter uma eficiência no processo de tratamento de água para consumo humano através do filtro lento de areia, a água tratada precisa de ter uma qualidade adequada. Por isso, alguns autores recomendam os limites máximos dos parâmetros que uma água deve ter para ser tratada pela técnica de filtração lente em areia. A Tabela 3 apresenta alguns critérios de qualidade que as águas a serem tratadas pela filtração lenta.

Tabela 3: Qualidade ótima de águas a tratar por FLA

Parâmetros	VALORES MÁXIMOS RECOMENDÁVEIS		
	Cleasby (1991)	Broder & Byron (2005)	Di Bernardo (2005)
Turbidez (uT)	≤ 5	5 - 10	< 15
Cor verdadeira (uC)	-	15 - 25	< 10
Sólidos suspensos totais (mg/L)	-	-	< 25
Ferro (mg Fe/L)	≤ 0,3	≤ 1,0	< 1,5
Manganês (mg Mn/L)	≤ 0,05	≤ 1,0	< 0,7
<i>Eschericia coli</i> (UFC/100ml)	-	-	< 500
Coliformes Totais (UFC/100ml)	-	-	< 1000
Algas	5µg clorofila-a/L	-	250 UPA/mL

Um estudo realizado por Haarhoff & Cleasby (1991) mostra que a temperatura ambiental é um dos fatores condicionantes da eficiência do filtro lento em relação a microrganismos, o que parece óbvio pela preponderância de mecanismos biológicos no processo.

Estudos mostram que a própria característica do sistema de operação de filtro lento de areia contribui para a sua eficiência. Di Bernardo (1999) afirma que o uso de baixas taxas de filtração e a permanência de água por muito tempo no meio filtrante, favorece uma intensa atividade biológica no filtro lento, atribuindo ao mesmo uma grande vantagem: a elevada eficiência na remoção de bactérias, vírus e cistos de *Giardia*. Contudo, o desempenho dos filtros lentos na remoção de microrganismos depende, para além da taxa de filtração, também da temperatura, da espessura do meio filtrante, do tamanho dos grãos de areia, da maturidade microbiológica do meio filtrante. A Tabela 4 mostra alguns valores de remoção, reportados por vários autores (Di Bernado, 1999):

Tabela 4: Eficiência na remoção de impurezas e microrganismos em filtros lentos

Característica de água	Taxas de filtração m³/m².dia	Percentagem de remoção	Autores
Bactérias do grupo coliformes	2 e 4 m ³ /m ² .dia	100%	Sá (2006)
Vírus		99 a 100%	Vischer <i>et al.</i> (1986)
Cistos de <i>Giardia</i>		> 98%	Bellamy <i>et al.</i> (1985)
Oocistos de <i>Cryptosporidium</i>	7,2 e 9,6 m ³ /m ²	>99,9%	Timms <i>et al.</i> (1995)
Cercárias de <i>Schistosoma</i>		100%	Galvis <i>et al.</i> (1997)
Cor	2 m ³ /m ² .dia	90%	Pelegri (2006)
Turbidez	2 m ³ /m ² .dia.	96%	Paterniani & Roston (2003)
Matéria Orgânica		60 – 75% de Redução	Visscher (1990)
Ferro e Manganês		55% e 67%	Pelegri (2006)
Metais Pesados		95 – 99% de Redução	Collins (1998)
Azoto amoniacal	3m ³ /m ² .dia	60%	Dias (2011)

A eficiência de filtro lento na remoção de bactérias patogénicas e vírus é atribuída a vários fatores, destacando-se: o decaimento natural, devido ao filtro lento ser um ambiente relativamente hostil para esses microrganismos; a predação; o efeito biocida da radiação solar;

e a adsorção no biofilme aderido ao meio filtrante (Di Bernado 1999 *apud* Hespanhol, 1987; Haarhoff e Cleasby, 1991).

4.4. SITUAÇÃO GEOGRÁFICA DA GUINÉ-BISSAU

Este trabalho de dissertação faz um breve panorama sobre a degradação ambiental e a situação de abastecimento da água para consumo humano e saneamento no país, antes de relatar os mesmos problemas na área de estudo (Ilha de Bolama).

A atual República da Guiné-Bissau é um país de colonização portuguesa, cuja independência foi dada em 1974. Ela fica situada na costa Ocidental da África, faz parte dos países de África Subsaariana e o seu espaço territorial é de 36.125 km². O país está dividido entre a parte continental e insular, com um pouco mais de 40 ilhas (Guiné-Bissau, 2007). No contexto do continente Africano, a Guiné-Bissau faz fronteira a Norte e Leste com o Senegal, a Leste e a Sul com a Guiné Conakry e a Oeste com o Oceano Atlântico, entre os paralelos 10° 59' e 12° 20' N, e os meridianos 13° 40' W Gr. A figura 8 ilustra o mapa político do país no continente e as divisões das regiões a nível nacional.



Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:Localização>

Figura 8: Mapas de África e da Guiné-Bissau

O país tem uma área costeira que se estende por cerca de 22.235 km² e alberga cerca de 80% da população nacional que vive inteiramente dos seus recursos, segundo Instituto Nacional de Estatísticas e Censos (INEC 2002). Em relação ao número de habitantes, as últimas pesquisas apontam para uma população estimada de 1,6 milhões, com uma taxa de crescimento demográfico anual de cerca de 3%, (Guiné-Bissau, 2007). A taxa de alfabetização é apenas de cerca de 32%, com uma taxa de escolaridade das crianças (7-12 anos) de cerca de 40% (INEC, 2002). O país ainda é qualificado como dos mais pobres do mundo.

Administrativamente o país está dividido em 8 regiões e mais 30 sectores, sendo a capital do país Bissau. A população da Guiné-Bissau está distribuída da seguinte forma, de acordo com Sylla, (2002): a capital Bissau denominado sector autónomo, tem 384.960 habitantes, representando 25,9% de toda a população, e as demais regiões, Bafatá (12,1%) Biombo/Bolama (9,4%), Cacheu (14,4%), Gabú (12,1%), Oio (14,7%) e Quínara/Tombali (11,4%).

4.4.1 Situação Económica

A Guiné-Bissau é um país com grandes recursos de valor económico, mas que ainda se depara com uma enorme dificuldade para se afirmar economicamente, tanto no contexto regional como no mundial; o país ainda depende quase totalmente da ajuda externa para movimentar o mercado interno. O país tem dois grandes sectores que geram a sua economia (agricultura e pesca): a atividade agrícola representa 60% do seu PIB e 90% das exportações. Aproximadamente 80% dos habitantes da Guiné-Bissau vivem nas áreas rurais e praticam atividades agrícolas como principal meio de sobrevivência (INEC, 2000). A castanha de caju constitui a primeira cultura de exportação. A produção bruta é superior a 100.000 toneladas e representa 98% das exportações e 12% da produção mundial (UEMOA-BCEAO, 2005 e SEAT, 2012). Enquanto que a produção pesqueira no país é calculada em aproximadamente 275.000 toneladas por ano, e a exportação desse recurso está em torno das 60.000 toneladas, que corresponde a 4% do produto interno bruto (PIB), colaborando no orçamento geral do estado (OGE) com 40% (SEAT, 2012). De acordo com Manafá *et al.* (2005), mesmo com a intensa atividade agrícola e pesca, existe ainda uma fraca política de incentivo da parte das autoridades para que as mesmas possam melhorar as condições económicas da população.

Segundo SEAT (2012), o sector primário é a base da economia do país. Esse sector agrupa 67% do PIB e 80% do emprego. O último dado apresentado demonstra que 83% de toda população ativa pratica atividade no setor primário (maioritariamente na agricultura), 4% no secundário (essencialmente na administração pública e serviços) e 13% no terciário (Manafá *et al.*, 2005). A economia, em sua dinâmica, é predominantemente informal (INEC, 2002), pois grande parte da economia do país é gerada pelas mulheres guineenses. Um estudo feito pela Secretaria de Estado do Ambiente e do Turismo (SEAT, 2012) revela que as mulheres

desempenham um papel fundamental no sector agrícola do país. Elas representam 49% da população ativa no meio rural e estima-se que assegurem mais de 55% do trabalho agrícola.

Um relatório das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2015) demonstra que a Guiné-Bissau ocupa a 178^a posição entre os 188 países hierarquizados, com um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,420, da população encontra-se. Integra o grupo de países com baixo desenvolvimento humano e corre o risco de vir a ter mais de 58,4% da população em situação de pobreza extrema, alerta o relatório. Segundo o mesmo relatório, 69,3% dos guineenses têm rendimentos económicos abaixo da linha de pobreza nacional. Estudos feitos para avaliação da pobreza (ILAP, 2000 *in* INEC, 2002) alertam que a população do país vivia com menos de 1 dólar por dia. A mesma fonte acrescenta ainda que a esperança de vida à nascença está na faixa de 45 anos, se comparada com a média do continente africano que se situa à volta de 48,9 anos.

4.4.2 Diferença entre Zonas Urbanas e Zonas Rurais

Os estudos e a própria convivência humana já aprovam que a pobreza está ligada à carência de fatores multidimensionais como: educação, emprego, habitação saneamento básico, alimentação e infraestruturas básicas. A consequência de ausências desses componentes essenciais na vida humana coloca os indivíduos numa situação vulnerável a qualquer tipo de doença. O Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH) de 2006 declara que “as pessoas necessitam de água potável e de saneamento para manterem a sua saúde e dignidade” (PNUD, 2006).

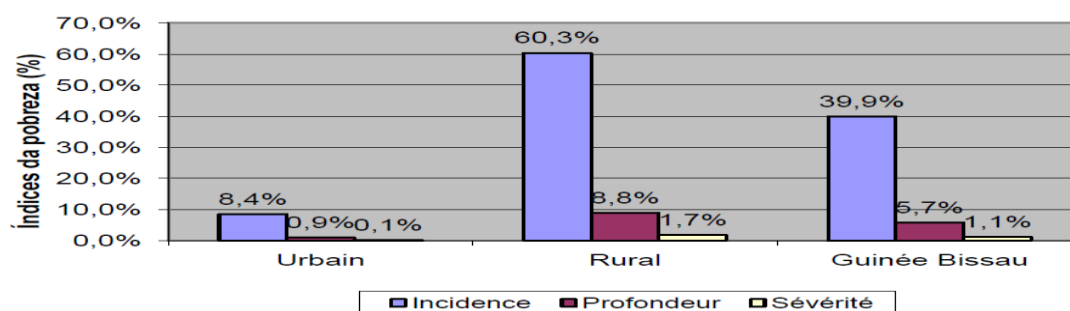
Esta mesma ideia foi defendida antes por Bouguerra (2004) afirmando que, hoje em dia, ao olhar para a realidade dos países em desenvolvimento, se acredita ser visível que as origens da pobreza estão diretamente ligadas à falta de água e dos serviços de saneamento, e acrescenta: “lá onde a água é rara, vingam a pobreza e a miséria”.

Esta pobreza por falta de infraestruturas é muito evidente nas zonas rurais principalmente nos países pobres. Nos países em desenvolvimento, principalmente do continente africano, concretamente na África Subsaariana, é verificada a clara diferença económica entre populações das zonas urbana e rurais, o que se deve principalmente às políticas públicas adotadas por grande parte das autoridades dos países africanos, à falta de incentivo no campo

de produção, à concentração de grande parte das infraestruturas na capital, o que obriga os camponeses a imigrarem para capital em busca de melhores condições de vida e acentua o aumento do nível de pobreza nas áreas rurais, aumentando também a pobreza na capital e tendo por consequência a surgimento de novos bairros nos arredores da capital sem nenhum planeamento.

Em 2009 foi realizado um recenseamento sobre a situação geral da população da Guiné-Bissau, cujo principal objetivo foi analisar as relações entre a pobreza e as características sócio-demográficas. De acordo com Sylla (2010), o principal objetivo do estudo foi caracterizar a situação económica da população (urbana e rural). O estudo revelou que a pobreza não monetária atinge 40% de toda a população da Guiné-Bissau, dos quais 60,3% se referem a população rural e 8,4% a população urbana. A profundidade da pobreza é de 5,7% a nível nacional, 8,8% no meio rural e 0,9% no meio urbano.

O mesmo estudo citado por Sylla (2010) demonstra que os índices de pobreza são mais elevados no meio rural; um maior índice de pobreza é observado na zona sul do país, principalmente na região de Tombali, com 68,9% da população afetada pela pobreza não monetária. A menor incidência de pobreza não monetária é observada no Sector Autónomo de Bissau (SAB), com apenas 2,6% da população afetada. SAB possui mais urbanização e é dotado de bens e infraestrutura duráveis o que explica a fraca incidência nesta área. Nas outras regiões que comportam um componente rural, a incidência da pobreza é mais elevada (37,2% em Bafatá e 68,2% em Oio). A incidência da pobreza é caracterizada por grandes disparidades entre as regiões. Em termos de profundidade e gravidade da pobreza, a região de Bolama/Bijagós situa-se em primeiro lugar, com respectivamente 12,9% e 3%. Contrariamente, para a SAB esses índices são mais fracos (< 3%). As cinco regiões que mais contribuem para a pobreza não monetária são: Oio (25,4%), Cacheu (16,2%), Gabu (13,9%), Bafatá (12,9%) e Tombali (10,9%), totalizando 79,3% da pobreza nacional. As regiões de Gabú e Bafatá que tinham a incidência de pobreza mais baixa encontram-se atualmente, com elevadas contribuições para a pobreza nacional devido ao seu elevado peso demográfico, traduzido num importante efetivo de pobres. Com estes dados, pode-se perceber que o país, de modo geral, precisa da melhoria das condições de habitações, acesso aos serviços de saneamento básico, acesso à água de boa qualidade e acesso a outros bens capazes de reverter a situação na incidência da pobreza. Na figura 9 encontra-se o índice de pobreza nas comunidades rurais e urbanas da Guiné-Bissau.

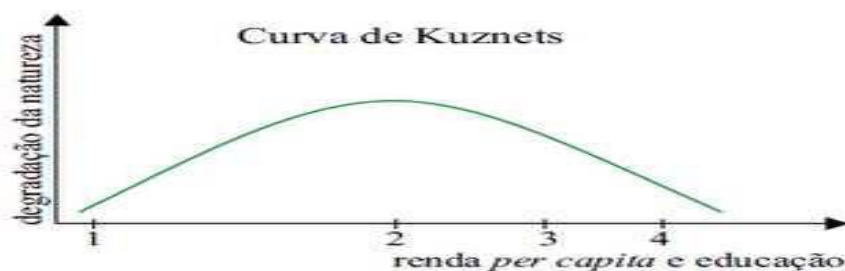


Fonte: DENARP II (2011)

Figura 9: Incidência (%) da pobreza em 2009 na Guiné-Bissau

A partir do estudo citado DENARP II (2011) pode-se constatar a grande diferença económica nas zonas urbanas e zonas rurais na Guiné-Bissau e a profunda pobreza em que o país vive, na qual tudo se repercute direta e indiretamente nos problemas ambientais, como o saneamento, a qualidade alimentar, a qualidade de água de consumo, de entre outros.

A situação económica pode influenciar diretamente na degradação ambiental – essa ideia de ligação entre a situação económica e a degradação ambiental foi e ainda está sendo discutida por vários autores e pesquisadores em todo mundo, na qual cada grupo defende as suas posições. Kuznets (1955) já tinha demonstrado a relação entre crescimento económico e efeito ambiental; para tanto, ele apresenta uma curva ambiental para entender melhor esta relação. A curva abaixo apresentada (figura 10) foi utilizada internacionalmente para estudar pobreza e ambiente. Em 1995, o Banco Mundial acolheu essa ideia, depois dos artigos publicados pelos autores Grossman & Krueger (1995) analisarem a relação entre crescimento da economia, aumento de renda e poluição na formulação da teoria da curva de Kuznets ambiental. A teoria afirma que qualquer país no início da fase de crescimento aumenta a poluição, mas com o aumento do vencimento *per capita*, a poluição tende a diminuir, com a consequente diminuição da pressão sobre o ambiente em razão do avanço tecnológico.



Fonte: (Grossman & Krueger, 1995)

Figura 10: Curva de Kuznets com a visão tradicional do efeito do crescimento económico na degradação ambiental.

Na verdade o autor mostra que a eliminação da pobreza pode servir de combate em defesa da qualidade do ambiente. A ideia defendida por Smulders & Bretscher (2000) mostra que uma sociedade pobre, mas com as necessidades básicas atendidas, passa a levar em consideração as questões ambientais.

4.4.3 Efeitos das Mudanças Climáticas no País

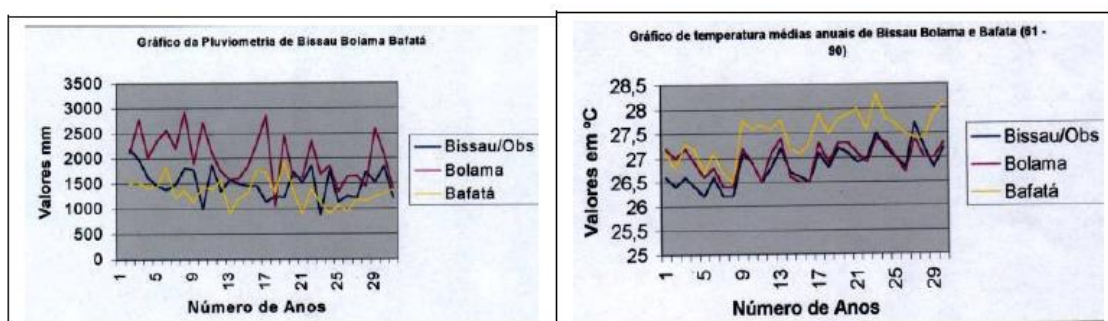
Atualmente existem muitos estudos que demonstram as preocupações de diferentes grupos sociais em todo mundo com as mudanças climáticas, como as subidas do nível da temperatura e alterações do nível de precipitação, o que vem se repercutindo diretamente na quantidade e na qualidade da água em algumas regiões do planeta. Apesar de estas preocupações já virem de há muito tempo em muitos países do mundo, na Guiné-Bissau chegaram de forma leve e foram alvo de um certo desinteresse, tanto da parte das autoridades como da própria sociedade. No país a exploração florestal é alta, tanto por questão socioeconómicas, como também por uma questão meramente económica, com consequências imprevisíveis no aumento da temperatura, aumento e diminuição de nível da chuva em diferentes regiões do país, e estando provavelmente na origem de recentes inundações como as que ocorreram em 2014 e 2015.

Já foram apresentados alguns dados referentes ao nível da precipitação no país, que demonstram uma grande redução do seu volume em algumas regiões do país. Apesar das enormes dificuldades que o país enfrenta para mapear a precipitação, a mesma prática está sendo atualmente desenvolvida, envolvendo diferentes técnicos e técnicas (Marquínez *et al.*, 2003; Mello & Silva, 2008).

Foram verificados o aumento de nível da chuva e temperatura anuais durante muitos anos, principalmente nos últimos 19 anos. Um documento feito pela DSNM, (2004) mostra que as mudanças de temperatura e de pluviometria há muitos anos atrás era insignificante em termos percentuais, mas depois do ano de 1997 para frente, principalmente de 1997 a 2004, percebe-se que aumentou aproximadamente 14% de pluviosidade, e na ordem de 3% a temperatura, o que corresponde a aproximadamente 1 °C. A mesma fonte ainda acrescenta que, apesar dos estudos mostrarem esta subida do nível de precipitação, nos últimos anos verificou-se uma diminuição do período chuvoso.

De acordo com IPCC (2007), a previsão no aumento do nível de temperatura está em torno de 0,80 °C a 2.6 até 2050. O IPCC WGII, (2007) e Biai (2009), afirmam que há indicações claras de que recentes alterações climáticas estão a ter impactos sobre muitos sistemas naturais e humanos, provocando efeitos negativos nos recursos hídricos.

Na Guiné-Bissau, a média de precipitação varia de acordo com as províncias e regiões do país, mas a sua média anual está em torno dos 1500 mm. Na província norte, onde a precipitação é menor, comparada com a do sul do país, a média está em torno de 1500 mm; enquanto na província sul, a média da precipitação anual é de 2000 mm. O clima das zonas costeiras de Guiné-Bissau é considerado húmido, o nível da precipitação na mesma zona apresenta uma média anual oscilatória, em torno de 1500 a 2000 mm/ano. A província do país que mais sofre com a subida da temperatura e baixo nível e período de precipitação é a província do leste, em comparação com as duas províncias anteriormente referidas. Mas em todo o país a média da temperatura anual é de 27 °C (MRNA, 2008).



Fonte: (Silva, e Lopes, 2004)

Figura 11: Dados de chuva e níveis de temperatura em 3 regiões do país.

Com as informações acima citadas, mostra-se que as alterações climáticas podem ter efeitos negativos diretamente no volume de pluviometria do país. A diminuição da chuva, que ocorre no país, pode prejudicar diretamente a recarga de lagos, rios e aquíferos (Biai, 2009). A autora afirma que, apesar da diminuição da precipitação verificada no país, a quantidade que chuva vem contribuindo no aumento dos níveis dos aquíferos, elevando a quantidade das águas superficial e subterrânea em algumas regiões.

4.4.4 Características Geológicas

De acordo com relatório apresentado pelo MRNA (2008), o país é uma potência em solos, com aproximadamente 3.830.000, constituídos principalmente por solos hidromórficos marinhos, solos hidromórficos continentais, solos de planalto ou ferralíticos e ferruginosos tropicais, solos líticos, litossolos e regossolos. Os solos hidromórficos marinhos, conhecidos também como solos de mangais, de tannes, são solos salinos e sulfatados ácidos, significando que os seus maiores constituintes são aluviões litorais e estuarinos, depositados sob a influência da maré. Os solos hidromórficos continentais são solos de depressões aluviais, conhecidos internamente como lalas. Estes tipos de solos têm a hidromorfia temporária e são geralmente inundados no período das chuvas, sustentando uma savana herbácea. Os referidos solos ocupam uma superfície de 1.039.000 ha.

Os solos referidos acima têm as suas importâncias económica, ambiental e social. Mas, com as alterações climáticas e a exploração abusiva dos mesmos, podem trazer sérios problemas ambientais e conseqüentemente o comprometimento da saúde das pessoas. Conforme afirma Teixeira (1962), os solos hidromórficos sofrem com a pressão antrópica e ausência de desenvolvimento na área da política do ordenamento do território, em resultado da produção das suas culturas, aglomeradas nas zonas húmidas. Isso pode resultar diretamente em problemas económico-sociais e ambientais para os cidadãos locais.

4.4.5 Recursos Florestais

A Guiné-Bissau tem um recursos florestal estimado em torno de 2 milhões de hectares de superfície, e com ecossistemas diversos (florestas sub-húmidas, secas, galerias, savanas, palmeirais e mangais), ocupando um pouco mais de 55% do espaço territorial. O país tem também uma reserva em madeira que, em 1995, foi estimada em 48 milhões de m³.

Infelizmente, mesmo com tantas riquezas florestais, o país se depara com grande problemas de exploração destes recursos, numa destruição acelerada, estimada em 50 000 ha/ano (PANA, 2007; SEAT, 2012).



Fonte: SEAT (2012)

Figura 12: Floresta densa de Lautchande zona sul do País (Guiné-Bissau)

Antes do incremento das alterações de origem humana, este tipo de vegetação poderia ter ocupado todo o litoral do país (Malaisse, 1996). As florestas da Guiné-Bissau são habitat de muitas espécies de animais e plantas, e a sua biomassa por unidade de área é muito superior à de outras formações vegetais. Além disso, é ainda uma fonte de sustento para a população local, que dela disfrutam recursos naturais, servindo também como fonte de proteção dos recursos hídricos.

4.4.5.1 As Políticas Públicas na Preservação Ambiental

A evolução das políticas públicas sobre os problemas ambientais começou a ganhar atenção na Guiné-Bissau a partir de 1992, quando se institucionalizou o antigo conselho nacional do ambiente (CNA), sob a dependência do Presidente de República – um comité coordenado e formado por Ministros das áreas afins, um Secretário Executivo e um Comité Técnico (órgão criado pelo Decreto nº 24/92, publicado no Boletim Oficial nº 12 de 23 de Março e que existiu até 1996). Este Decreto sofreria uma profunda alteração consubstanciada no Decreto/Lei nº 59/93, que aprovou a nova Lei Orgânica do Conselho Nacional do Ambiente.

Mas, no ano de 1996 o Governo, optou pela extinção do Conselho Nacional do Ambiente (CNA) (Decreto nº 11/96, Boletim Oficial nº 41/96 de 7 de Outubro). Com isso, foi criada a

Direcção Geral do Ambiente. Desde 2009 existe a Secretaria de Estado do Ambiente e do Desenvolvimento Durável (SEADD) criada pelo Governo Constitucional da República da Guiné-Bissau pelo Decreto Presidencial n.º 2/2009, de 07 de Janeiro de 2009. É um departamento governamental que tem por objetivos definir, executar e coordenar a política e acção ambientais e do desenvolvimento durável a nível nacional.

Também as autoridades fizeram acordos na área de protecção ambiental. De acordo com a Secretaria do Ambiente (SA, 2005), foram feitos vários acordos com alguns países da sub-região oeste africana (Cabo-Verde, Gâmbia, Guiné-Conakry, Mauritânia e Senegal), no âmbito do programa PRCM (Programa Regional de Conservação Marinha), apoiados no quadro das organizações que intervêm no domínio ambiental na África Ocidental, nomeadamente UICN, WWF, FIBA e Wetlands Internacional. A CPDA (2002), afirma que o governo da Guiné-Bissau também assinou uma Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, que está na origem da elaboração do Plano de Acção da Luta Contra a Seca e a Desertificação, cujo objetivo é fazer frente à desertificação e lutar contra a seca.

Atualmente a Guiné-Bissau dispõe de uma área protegida que representa 12% da superfície total do território nacional. A rede de áreas protegidas é rica do ponto de vista da biodiversidade, e permite assegurar a protecção de zonas de grande importância ecológica. As regras de utilização dos recursos nas áreas protegidas propõem que as atividades de exploração dos recursos florestais e hídricos para diferentes finalidades, tanto comerciais, ou de agricultura intensiva, ou todas as atividades da utilização dos recursos que põem em causa o ambiente e a degradação da terra sejam aí interditas (Ministério do Ambiente, 2005).



Fonte: SEAT (2012)

Figura 13: Áreas de preservação

Todavia o cumprimento das regras de proteção ambiental na Guiné-Bissau não é fácil. Os pesquisadores Badji & Biague (2004) confirmam que a evolução no sector ambiental na Guiné-Bissau num contexto complicado, foi difícil e esteve em mutação permanente. Infelizmente os esforços para proteger áreas ambientais ainda está longe de se concretizar, principalmente quando o interesse económico fala mais alto.

A consequência disso foi a desflorestação em uma das zonas florestais mais conhecidas do país, que é a província Sul. De acordo com PNGA (2004), atualmente a pressão tende essencialmente para as florestas do Sul, pois essa zona é muito importante na manutenção do equilíbrio ecológico nacional, pela existência ainda da vegetação de grande porte, capaz de regular o regime pluviométrico e hidrológico. Estas devastações traduzem-se em degradações ambientais. Na figura 14 que mostra-se um exemplo da desflorestação no país.



Fonte: PANGA (2004)

Figura 14: Desflorestação na Guiné-Bissau

Os indicadores ambientais tornam-se cada vez mais preocupantes. A taxa de desflorestação anual é estimada em 3,5%, o que significa uma perda por ano de cerca de 150.000 ha de floresta (Bock, 2001). Esta fonte relata ainda que o mais preocupante ainda é que o país tem um índice de reflorestação muito baixo, apenas de 1,5%, cerca de 6.000 ha/ano.

Um estudo feito em 1997 estimavam que as áreas florestais fossem degradadas e reduzidas até 400.000 ha entre 1990 e 2010, pois de 1975 a 1990 as florestas desapareceram a um ritmo de 28.000 ha por ano. Este ritmo diminuiu a partir de 1990. No que concerne às florestas degradadas, de 1975 a 1990, a sua área aumentou em mais de 200.000, o que corresponde a 13.000 ha por ano. De 1990 a 1995, o ritmo anual de savanização cresceu de 30.000 ha por

ano, e depois reduziu progressivamente para 7.000 ha por ano, entre 2005 e 2010, (CPDA, 2002).

A degradação dos recursos florestais em busca de benefícios económicos tem deixado a população guineense numa situação cada vez mais vulnerável a qualquer fenómeno natural. Anteriormente, neste mesmo capítulo, foi abordado o efeito de mudanças climáticas na Guiné-Bissau, mostrando-se que a sua região Leste apresenta sofrimento com um menor nível de precipitação e aumento no nível da temperatura. Consequentemente esta região apresenta baixo nível de água subterrânea, o que se repercute diretamente na dificuldade em conseguir a quantidade e a qualidade de água para consumo humano, como também para os animais ou então para outras atividades na região, de acordo com os dados meteorológicos do país. Conforme o documento apresentado pelo PNGA (2004), o baixo nível de pluviosidade (1200 mm) aumenta a seca, os níveis do lençol freático são cada vez mais profundos e inacessíveis. Em Novembro de 2001, em poços tradicionais no país captava-se água do lençol freático a 35 m de profundidade, enquanto que em Pitche uma das aldeias da zona leste se captava a 50 m de profundidade.

4.4.6 Recursos Hídricos Superficiais e Subterâneos

Quase todo o território da Guiné-Bissau goza de uma grande quantidade de água, o país é coberto por uma vasta rede hidrográfica constituída por cursos de água corrente e estagnada, com exceção da província leste – regiões de Bafatá e Gabo que sofrem com o nível de seca e baixo nível de precipitação. Segundo a Secretaria de Estado do Ambiente e do Turismo (SEAT, 2012), o potencial hídrico do país foi estimado em 14 bilhões de m³/ano. O MRNA (2008) informou que o país é dividido por diferentes rios, que, na sua grande maioria, é influenciado pelas águas do mar. A renovação desses recursos depende em grande parte da intensidade e da regularidade das chuvas, cujos parâmetros se degradam progressivamente ao longo dos anos.

Todos os rios do país terminam com amplos estuários onde penetram fluxos de marés. De Norte ao Sul, situam-se os Rios Cacheu, o Rio Mansoa, o Canal de onde se encontram os dois principais rios de água doce: o Rio Corubal, Rio Geba (figura 15), Rio Tombali, Rio Buba, Rio Cumbuja e o Rio Cacine (Baio *et al.*, 2005).

Para MRNA (2008) a topografia favorece a existência de duas zonas de alta potencialidade produtiva que são as zonas influenciadas pelas marés e as zonas circundantes às grandes bacias dos rios Geba e Corubal, com grande disponibilidade de águas superficiais.



Fonte : DGRH, (2010)

Figura 15: Rio Geba da Guiné-Bissau

Segundo Baio *et al.* (2005), a Guiné-Bissau partilha as águas dos rios Geba/Kayanga e Corubal/Koliba, com os países vizinhos da República de Senegal e da República de Guiné-Conakry. Isso demonstra claro a interdependência de recursos hídricos superficiais com os referidos países, o que pode influenciar diretamente a política da sua gestão. O autor complementa ainda que a origem de grande parte dos caudais de escoamento dos rios mencionados são provenientes dos países supracitados, o que vem reforçando a ideia da dependência dos rios da Guiné-Bissau no que se refere ao escoamento. Esses dois rios (Geba e Corubal) têm suas águas calculadas em aproximadamente 1,5 milhões de m³. MRNA (2008) acrescenta que todos os rios disponíveis no país, os mais importantes – Cacheu, Mansoa, Geba e Corubal –, atrevessem o território. A mesma fonte afirma que os referidos rios garantem as atividades agrícolas das populações na produção de arroz e na exploração de recursos pesqueiros, e todos eles proporcionam uma bacia hidrográfica extraordinária, como o caso do rio Geba que tem uma área de 12.225 km², dos quais 7.765 km² pertencem à Guiné-Bissau. O rio Corubal possui uma bacia de 22.000km², dos quais só 4.600 km² se localiza no território nacional.

Vários relatos demonstram que na Guiné-Bissau, até há poucos anos, depois da luta de libertação nacional, grande parte da população utilizava água dos rios e dos lagos para os seus consumos. Hoje em dia, apesar do grande volume de água superficial no país, a utilização desse recurso hídrico é limitado devido, principalmente à falta de confiança da população no que se refere à qualidade da água, pois, o aumento da população, a alta geração de resíduos e a falta de política eficiente na sua gestão, contribuem para a degradação das águas

superficiais. Além disso, o facto de o país não dispor de uma rede de esgotos e de recolha de resíduos sólidos, limita o uso desse recurso para atividades domésticas e levou ao aumento do uso do abastecimento público com água subterrânea em praticamente todo país.

A água subterrânea é a principal fonte de recursos hídricos utilizados na Guiné-Bissau. Alguns estudos demonstram que o país goza de uma abundância de água subterrânea em certas regiões. Segundo Baio *et al.* (2005), na Guiné-Bissau mais de metade da sua população utiliza água subterrânea diária. De acordo com os dados de MRNA (2008), o potencial em águas subterrâneas no país é estimado em cerca de 45.000 milhões de m³/ano. Deste ponto de vista, a Guiné-Bissau é um país com uma grande potencialidade em recursos hídricos. Os recursos renováveis dos aquíferos profundos são avaliados entre 8 e 29 bilhões de m³/ano, e dos aquíferos estimados em centenas de bilhões de m³/ano (Baio *et al.*, 2005). Apesar da grande quantidade dos recursos hídricos subterrâneos no país, a sua qualidade vem sendo alterada pelas atividades humanas. Infelizmente, apesar dos dados acima apresentados, o país ainda enfrenta uma grande dificuldade de garantir um abastecimento equilibrado para os seus consumidores em todo território nacional.

4.4.7 Histórico de Acesso a Água de Qualidade

A história relatada por um funcionário antigo dos serviços dos abastecimento de água na capital do país (Bissau) deu a entender como funcionava e funciona este serviço ao longo de muitos anos. Numa pesquisa qualitativa, feita em 2010 pelo autor deste trabalho, o funcionário (Alqueia) resumiu que logo após a independência do país, quando começou a trabalhar na empresa de abastecimento de água na capital, a água para o consumo humano era captada num canal, nos arredores da capital Bissau, chegava nas casas das pessoas através das tubagens. As redes de abastecimento de água deixadas pelos portugueses da época colonial, ou melhor, as redes que existem na capital da Guiné-Bissau (Bissau) e nas demais cidades do país datam da época colonial; e, na capital, para abastecer água utilizavam o referido canal, pois não precisavam de captar água num outro lugar, uma vez que o referido canal estava isolado da cidade e o número habitantes na capital era muito pequeno. A extensão da cidade não alcançava o referido canal, isso indica que os impactos ambientais gerados pelas atividades da população não tinham efeitos negativos na água abastecida. Esse mesmo relato foi confirmado por outro senhor, um velho morador da cidade de Bissau de nome Jorge, afirmando também que na época colonial, até alguns anos após a independência, o povo utilizava água superficial sem desconfiança nenhuma, porque os impactos ambientais não

eram visíveis como agora, e a utilização de água superficial era comum em todo canto do país principalmente nas aldeias interiores.

Mas esse cenário começou a mudar depois do golpe de estado de 1980, de Nino Vieira, as populações do campo (rural) foram parcialmente abandonadas, e os seus serviços se desvalorizaram, com isso começaram a migrar das zonas rurais para as grandes cidades. A falta de capacidade do regime em organizar as populações que chegavam de campo para a cidade permitiu uma expansão dos bairros pobres sem urbanização e sem meios para instalação do sistema de abastecimento de água de boa qualidade. Além de acarretar o aumento proporcional da procura de fornecimento dos serviços básicos, como recolha e tratamento de resíduos sólidos urbanos e resíduos líquidos, e abastecimento de água de boa qualidade. Esse modelo urbano de expansão espontânea representa ameaças à saúde pública, principalmente nas zonas periféricas dos centros das grandes cidades, onde a população mais empobrecida ocupa locais altamente vulneráveis a desastres ambientais.

4.4.8 Situação Atual de Acesso a Água no País

Atualmente, a água fornecida pela empresa de abastecimento na capital (Bissau) é captada num poço profundo, o que adiciona ainda mais o custo económico para empresa e consequentemente para os consumidores que querem ter acesso a essa água de “qualidade”. Nesta ordem, as populações de baixa renda e sem apoio de estado não podem ter acesso a água canalizada em suas casas. Um estudo feito por Baio *et al.* (2005) aponta que as cidades guineenses são abastecidas pelas águas subterrâneas que exploram os aquíferos profundos do Maestrichtiano, principalmente Bissau, ou os aquíferos do Oligoceno e Paleoceno, mas só uma parte da população é contemplada pelos sistemas de distribuição que garantem a água.

Grande parte dos agregados familiares cavam os seus próprios poços de abastecimento de água de consumo em casa, ou então utilizam o poço da casa do vizinho como alternativa para conseguir água de “boa qualidade”. A facilidade em conseguir a água nos poços caseiros afasta também a população de procurar a empresa de abastecimento para canalização da água. Outra questão também que desmotiva a população a procurar a água canalizada é a falta de confiança no serviço regular de abastecimento da mesma, pois o serviço prestado pela empresa é de péssima qualidade, a chegada da água às residências é irregular, o que leva o povo a cavar os seus poços em casa como alternativa. Os problemas de confiança entre a

empresa de abastecimento de água e a população não é exclusivo de Bissau ou da cidade de Bolama, mas sim de todo território nacional. Por esta razão, é fácil encontrar as famílias procurando alternativas pouco convencionais para alcançar águas para satisfazer as suas necessidades básicas. Pois cavar poço nas residências não é uma atividade que exija um grandes recursos.

Mesmo assim, ainda existe uma dificuldade enorme para obtenção desses recursos, principalmente nas zonas isoladas. A água subterrânea, mesmo sendo a principal fonte para abastecimento público na Guiné-Bissau, a sua quantidade e qualidade é ainda preocupante. De acordo com uma pesquisa feita pela ILAP (2000) *in* INEC (2002), conclui que, em alguns lugares do país, 90% das populações levam acima de 10 minutos de caminhada para conseguir água em quantidade e de boa qualidade, “potável”.

Segundo INE (2010), na região de Quinará, que pertence a província sul, um quarto da sua população, ou melhor, 24% necessita de 30 minutos ou mais de percurso para alcançar uma fonte de água para consumo, que é na maior parte das vezes, inapropriada para consumo. Este fato é extensivo às regiões de Tombali, na mesma província, e à região de Oio, na província Norte do país, onde mais de 10% da população necessita de longas caminhadas, de 30 minutos ou mais, para chegar a uma fonte de água.

Estas informações trazem de volta à discussão a relação entre a pobreza e qualidade ambiental. Todas as províncias (Norte, Leste, Sul e incluindo o Sector Autónomo) da Guiné-Bissau apresentam nível de pobreza e falta de infraestruturas de uma forma diferenciada, principalmente as províncias Sul e Norte. De acordo com a história, essas duas províncias foram centro de combates na luta de libertação nacional, após o que nunca foram recompensados pela destruição causada, principalmente a província Sul. Isso traduz-se numa pobreza extrema nestas regiões. A província Sul, da qual a ilha de Bolama faz parte, depara-se ainda com maiores dificuldades de infraestrutura de saneamento, abastecimento de água potável e qualidade de vida, em relação às demais províncias. Grande parte dos poços utilizados nestas regiões para captar águas para consumo humano não são melhorados. Exemplo de um desses poços rasos pode ser visto na figura 16.



Fonte: DGRH (2016)

Figura 16: Exemplo de poço raso não protegido

Como se pode observar na figura acima, um poço para captação de água para consumo doméstico é um poço raso sem nenhum tipo de proteção externa ou interna. Ou seja, nas regiões onde há dificuldade de encontrar água de boa qualidade para consumo doméstico, a população recorre a poços rasos. Os poços rasos são denominados rasos quando captam água do lençol freático, ou seja, a água que se encontra acima da primeira camada impermeável. Em geral são de forma circular e com profundidades dificilmente maiores que 20 metros "de fundura". São classificados em três tipos: Escavados; Perfurados; Cravados (CISAM / AMVAP 2006).

Para CISAM & AMVAP (2006), os poços rasos escavados são geralmente abertos por escavação manual, o que exige grandes diâmetros de 0,80 a 1,50 m. Em alguns casos podem ter mais de 2,0 metros. Este tipo de poços é também o que pode mais facilmente ser contaminado. Dificilmente têm mais de 10 metros "de fundura".

Os poços escavados são os mais utilizados na Guiné-Bissau, pelo facto de serem quase à superfície. De acordo com DGRH, esses poços no país são extremamente importantes para a população de baixa renda, principalmente para as população de zona rural, pois dão água para uso doméstico a baixo custo. Milhares de poços deste tipo existem em todo país. Segundo Bordalo (2014), os poços pouco raso, abertos à mão na terra vermelha e arenosa, crescem aos milhares por todo o país, incluindo na capital, satisfazendo as necessidades de um povo em crescimento.

Esse tipo de poço, nem sempre tem qualidade de água confiável. Muitos desses poços de água de abastecimento não possuem a proteção e nem se quer existe um órgão do Estado que

fiscalize essa prática no país, o que pode trazer um perigo para a saúde e ambiente. A grande maioria desses poços de água secam quando termina a chuva. Isso deve-se a alguns motivos, como, por exemplo, a alta temperatura que faz subir o nível de evaporação, uma vez que esses poços são pouco profundos; outro fator se dá pela demanda no consumo da água que aumenta muito no período seco, tanto pela população humana, quanto pelos animais por causa da subida do nível da temperatura.

Infelizmente quando as autoridades não fazem a parte que lhes cabe, fica difícil de exigir a parte da população, principalmente num país onde a percentagem (%) da escolaridade é extremamente baixa. Na visita realizada ao campo, durante a coleta de dados para este trabalho, foi detectado que ainda existem muitas coisas para ser melhoradas junto à população em relação ao tratamento dos poços utilizados para abastecimento público; ou seja, muitos desses poços não têm sistema de escoamento de água, ela é derramada durante a sua captação, e fica retida ao redor do mesmo, podendo filtrar de novo para dentro do poço. Essas águas paradas se acumulam, formando um espaço para alguns animais tomarem banho, como caso dos suínos. Este acúmulo e exposição da água pode facilitar o crescimento de diferentes espécies de microrganismos. Geralmente os recipientes utilizados para a captação da água, as suas cordas molhadas colocadas no chão, podem também servir como meio de transporte dos microrganismos para o fundo do poço durante o processo da captação da água.

Ao contrário dos poços rasos e sem proteção, os poços melhorados na Guiné-Bissau, são aqueles que minimamente são protegidos das substâncias externas. As definições e categorias de fonte melhorada de água propostas pelo programa de acompanhamento conjunto para o abastecimento de água e o saneamento da OMS e do UNICEF, apesar do mérito no acompanhamento das tendências a nível global, estão baseadas no tipo de tecnologia adoptada e não abrangem infelizmente todas as dimensões que o abastecimento de água deve ter do ponto de vista dos direitos humanos, em particular a água ser fisicamente acessível.

Heller e Pádua (2006) definiram os poços protegidos como poços de profundidade mínima de três metros, um revestimento de proteção sanitária de calda de cimento ou argila compactada, formando uma capa envoltória de pelo menos quinze centímetros de espessura. Deve ser feita a construção de uma parede impermeável até a cota de um metro acima da superfície do terreno e a construção de uma tampa de concreto para o poço. Atualmente existem alguns trabalhos a serem desenvolvidos pelas ONGs em algumas aldeias, cujo objetivo é melhorar a

qualidade dos poços e das água de abastecimentos das populações locais. Apesar disso, ainda existem sérios de problemas em relação à qualidade das mesmas. Na figura 17 apresenta-se o poço melhorado.



Figura 17: A parte externa e interna de um poço melhorado

Esse tipo de poços são conhecidos no país como poço melhorado para se adequar a algumas recomendações, tendo em vista a melhoria da qualidade da água de consumo das populações de diferentes localidades do país. Conforme está na figura 17, o poço melhorado, tem uma pavimentação ao redor, e no centro é levantada uma parede com comprimento de 0,5 a 1 m de comprimento, para impedir a queda de qualquer criança animal ou objeto no fundo do poço, assim como de resíduos sólidos que poderiam ser arrastados pela chuva ou vento para dentro do poço; do mesmo modo, na parte interna do poço são colocadas algumas barreiras para impedir a infiltração de esgotos ou lixiviados provenientes da superfície. Mas a proteção de um poço pouco profundo da contaminação e da poluição de esgoto não se limita em levantar uma parede externa e uma parede interna, mas orientar e promover uma educação ambiental junto da população, ensinando as mais variadas técnicas para cuidar dos materiais introduzidos nesses poços, além de ensinar como proteger a água subterrânea. Ou seja, se voltar para anterior (figura 17) percebe-se que é prática comum, depositar as cordas utilizadas para captar água no chão.

Por fim, existe o poço considerado muito seguro. Mesmo que a água retirada desse poço não passe por um processo de tratamento, ela é considerada segura, dada a sua profundidade. O poço também é mecanizado com tubagens e também sem contacto direto com as pessoas. Uma pequena parte da população urbana beneficia mais dos poços mecanizados, ou melhor,

poços tubulados. Sendo assim, a procura de água nessa poço torna-se cada vez mais frequente e intensa. A figura 18 mostra a concentração da população em torno de um poço tubulado.

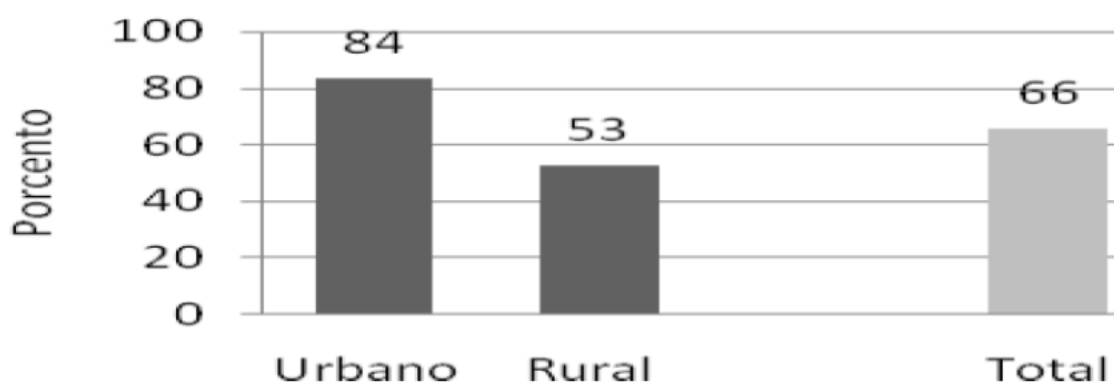


Fonte: CMB (2010)

Figura 18: Mulheres a buscar água de “boa qualidade”

Ainda existem grandes diferenças no acesso ao poços melhorados entre as zonas rurais e as zonas urbanas (INE, 2010). Nas zonas urbanas a percentagem atinge os 84% da população, enquanto nas zonas rurais só 53% das pessoas utilizam poços melhorados. A figura 20 mostra a diferença de uso de poços melhorados entre zonas urbanas e rurais.

Os referidos poços melhorados na Guiné-Bissau, conforme as figuras 18 e 19, são difíceis de encontrar no país, principalmente da figura 19, o que se deve ao elevado custos da sua construção e à exploração intensa dos poucos que existem.

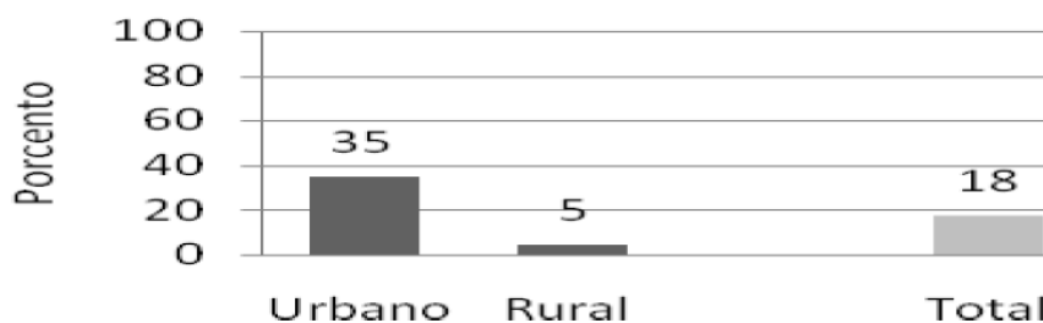


Fonte: INE (2010).

Figura 19: Acesso a água de qualidade na Guiné-Bissau.

4.4.9 Serviço de Saneamento no País

Foi feito um estudo comparativo entre a população das zonas urbanas e rural, que envolveu o serviço de saneamento básico na Guiné-Bissau. Segundo INE (2010), nas zonas urbanas 35% das famílias utilizam as instalações sanitárias melhoradas, enquanto nas zonas rurais somente 5% das famílias têm acesso a essas instalações, como se pode acompanhar na figura 20.



Fonte: INE (2010).

Figura 20: Percentagem de serviços de saneamento na Guiné-Bissau

O sistema de drenagem dos esgotos da capital do País (Bissau) e das demais cidades do País é totalmente precário e perigoso, pois é um sistema a céu aberto, sem a mínima proteção, onde já ocorreram acidentes mortais. Cada vez que chove, a água alaga a cidade e as valas ficam cobertas; a visualização dessas valas fica muito difícil, provocando assim acidentes com pessoas e/ou animais. Esta mesma rede de esgotos a céu aberto é aproveitada por algumas pessoas para depor os resíduos sólidos domésticos de uma forma clandestina, principalmente à noite, quando chove, já que o sistema de coleta de resíduos pela câmara municipal é precário. Isto origina o entupimento da mesma, permitindo a acumulação de parte da água e o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Na figura 21 pode observar-se as redes de drenagem de esgoto na cidade de Bissau e a realidade de saneamento básico em Guiné-Bissau.



Fonte: CMB (2010)

Figura 21: Rede de esgoto da capital (Bissau)

A grande maioria das pequenas aldeias da província Sul e demais regiões do país não tem latrinas adequadas, os poços de água utilizados para consumo humanos podem ser comprometidos. De acordo com o Documento de Estratégia Nacional de Redução de Pobreza (DENARP 2004), uma latrina/fossa mal construídas pode representar grandes problemas para a saúde da população em geral. Dentro das cidades verificam-se muitas irregularidades no que diz respeito às distâncias entre latrinas tradicionais e poços de águas, num país onde a grande maioria da população utiliza as latrinas (figura 22).



Fonte: (DENARP 2004).

Figura 22: Rede de esgoto a céu aberto próximo de um poço

Preferiu-se que a grande maioria da população (61%) utilize retretes tradicionais, que são sanitariamente inapropriadas e mais de um quinto da população (21%) faça a suas necessidades ao ar livre, com consequências sérias para a saúde pública e o ambiente (INE, 2010). Dentre os fatores que podem justificar esta realidade, estão o crescimento populacional do país e conseqüentemente das cidades e a falta de políticas na área. O país não tem nenhum

sistema de gestão e tratamento de resíduos, o que deixa a sua população numa situação de total vulnerabilidade a qualquer que seja a doença infecciosa, como, por exemplo, surtos de cólera, diarreias agudas, febre tifóide, entre outras (INE 2010).

O problema de higiene e saneamento básico na Guiné-Bissau piorou durante a guerra civil, que assolou o país nos anos de 1998-1999, aumentando o número de pessoas nas pequenas cidades e conseqüentemente o problema de higiene em todo país (INE, 2000). Prova disso foi registada num histórico do País relativo às epidemias de cólera, sendo, a cada 2 a 4 anos, a Guiné-Bissau afetada por grandes surtos de cólera, conforme se mostra na tabela 5 (INASA, 2013).

Em 1986, quando surgiu o primeiro surto de cólera identificado verificou-se um baixo número de óbitos, já que a população do país era reduzida e dispersa. Quando a bactéria assolou o país entre os anos de 1994 e 1997, a situação piorou devido ao crescimento da população em todo país e à sua concentração nas grandes cidades com situação precária do saneamento básico.

O provimento de um adequado destino dos esgotos e adequados comportamentos de higiene poderiam auxiliar e interromper o ciclo da contaminação fecal-oral da água, produzindo benefícios à saúde, reduzindo a pobreza, e gerando bem estar e desenvolvimento económico. As autoridades públicas e preventivas de saúde devem considerar que as intervenções de saúde ambiental são muito importantes. Tais intervenções têm um custo efetivo e apresentam benefícios que também contribuem para o bem estar geral das comunidades (WHO, 2006a).

Tabela 5: Dados de casos de epidemia de cólera

Ano	Casos Confirmados	Óbitos
1986 a 1987	6000	68
1994 a 1995	15.875	292
1996 a 1997	26.967	961
2002	1132	8
2004	227	3
2005 a 2006	25.219	399
2008	14.229	225
2012 a 2013	4095	44
2013	766	22

Fonte: (INASA, 1986 - 2013)

5 ESTUDO DE CASO: A ILHA DE BOLAMA

5.1. Descrição da Ilha de Bolama

O estudo realizado pelo Instituto Nacional de Estatística e Pesquisa (INE; MRNA, 2008) mostra que o país (Guiné-Bissau) beneficia de uma das mais amplas plataformas da Costa Ocidental da África, correspondendo a 53.000 km². Nesta plataforma encontra-se a ilha de Bolama. O território do país integra conjuntos de ilhas que compõem o arquipélago de Bolama-Bijagós, no qual a ilha de Bolama é a capital (Biai, 2009). Situado entre 11° - 12° N e 15° 30' - 16° 30' W, na Costa Oeste Africana, este arquipélago é composto por cerca de 80 ilhas e ilhéus que cobrem uma superfície de 10.000 km² e encontra-se no local de confluência de correntes litorais vindas do Norte e do Sul. A população total do arquipélago é de 27.000 habitantes (MRNA, 2008).

A apesar da ilha de Bolama ser a capital do arquipélago de Bolama-Bijagós, não é a maior ilha do país (tem 102 km²), mas é a mais povoada, correspondendo a 32% de população de todas as ilhas da região (INEP, 1993). A mesma fonte realizou um estudo e aponta que a ilha de Bolama tinha por volta de 6000 habitantes em 1990. Nas figuras 23 e 24, indica-se a localização geográfica da ilha de Bolama no mapa da Guiné-Bissau.



Fonte (www.google.com.br/search?q=mapa+da+guine-bissau&tbm)

Figura 23: Mapa da Guiné-Bissau com a localização de Bolama



Fonte (www.google.com.br/search?q=mapa+da+guine-bissau&tbn)

Figura 24: Localização do arquipélago de Bolama/Bijagós (A) Distribuição das ilhas na região de Bolama; (B) Foto aérea de Bolama.

A região administrativa de Bolama-Bijagós (Figura 24) está limitada a Leste pelas regiões de Quinara e Tombali, a Oeste e Sul pelo Oceano Atlântico e separada da parte continental a Norte, pelo grande canal do Geba. Esta região tem uma superfície de 34.563 km² (Pélissier, 2001).

Estudos confirmam que a ilha de Bolama esteve durante séculos sob olhar de vários “interesses imperialistas africanos, europeus, euro-africanos e americanos” (Brooks, 1991). A ilha de Bolama foi ocupada pelos Ingleses em 1792 que foram obrigados a abandoná-la, no ano de 1870 pelos portugueses, depois de uma negociação internacional, presidida pelo antigo presidente dos Estados Unidos da América, Ulysses Grant (Biai, 2009).

Depois de conquista da ilha de Bolama pelos portugueses, ela tornou-se a capital de Guiné-Potuguesa, a partir de 1879 e até ao ano de 1941. De acordo com Biai (2009), quando Bolama se tornou a capital da Guiné-Portuguesa beneficiou da estrutura funcional, bem assistida por Lisboa e dotada de algumas infraestruturas e equipamentos estruturantes como o porto, o tribunal, o hospital, as alfândegas e a imprensa nacional. Essas e outras infraestruturas contribuíram para o crescimento da população nativa e estrangeiros na cidade, à procura de melhores condições de vida. Apesar da cidade de Bolama deixar de ter sido a capital da Guiné-Portuguesa, desde 1941, depois mesmo da independência do país em 1974, a cidade continuava a gozar da estrutura trazida pelos colonizadores portugueses. A figura 25 dá uma ideia de como era o modelo da construção da urbanização colonial na ilha de Bolama.



Fonte: <https://www.google.com.br/search?q=bolama+antiga+capital+da+guin%C3%A9-bissau&oq>

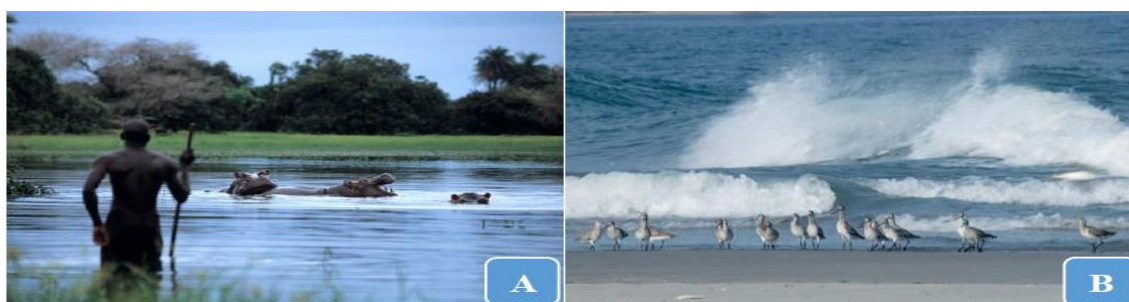
Figura 25: Construções da antiga Capital da Guiné/Portuguesa (Bolama).

Depois da “luta de libertação nacional”, o governo formado pelo PAIGC, que era o partido no poder após a independência, aproveitou as mesmas infraestruturas para estabelecer o funcionamento das instituições estatais. Isso motivou ainda mais a imigração das populações das demais províncias do país para a ilha, facto que provocou uma expansão da cidade (INEP, 1993).

Mas, apesar das inúmeras iniciativas de manutenção e melhoramento funcional levadas a cabo pelo antigo e primeiro presidente do país pós-guerra, Bolama tornou-se numa cidade degradada com vários edifícios devolutos, sem infraestruturas (Brooks, 1991), como se pode observar na figura 25. Todas as instalações deixadas pelos portugueses foram abandonadas pelo regime pós-golpe militar, de 1980, liderado por Nino Vieira. A estes acontecimentos deveu-se o abandono por completo da cidade. O regime militar abandonou também todas as outras cidades do interior do país, ignorando por completo as infraestruturas deixadas pelos portugueses, originando a deterioração do património arquitectónico e a deterioração do equilíbrio ambiental e inverteu a situação descrita, com a população de Bolama a migrar para a capital Bissau, que passou a ter maiores recursos económicos, mais oportunidades de emprego e melhor qualidade de vida (INEP, 1993).

A região de Bolama/Bijagos é considerada de grande importância do ponto de vista económico e ambiental. Uma das grandes riquezas dessa região são os seus recursos aquáticos (Figura 26): grandes mamíferos, tais como hipopótamos, peixes-boi e golfinhos, são comuns, bem como répteis, como crocodilos do Nilo e tartarugas (Bordalo, 2014). Algumas dessas

pequenas ilhas são reconhecidas como sítios de grande importância para desova de algumas espécies a nível da África Ocidental, como tartarugas marinhas, numa quantidade até de 10.000 indivíduos por ano. Conforme afirma Paris (1993), milhões de pássaros migram e usam os pântanos da ilha durante a época da seca. A diversidade de plantas como os mangais estão presentes na região. Alguns estudos confirmam que estas ilhas são conhecidas mundialmente como o segundo lugar mais importante para a avifauna da Costa Oeste Africana, depois de Banco de Arguin, na Mauritania (UICN/MDRA-DGFC, 1993). Devido à posição geográfica da ilha de Bolama, a cidade recebe água do norte ressurgida, rica em nutrientes, bem como de várias outras bacias hidrográficas (Bordalo, 2007). Isso incentiva várias espécies principalmente aquáticas a procurar alimentos na região. A Figura 26 apresenta imagens da área de proteção ambiental da ilha.



Fonte: SEAT (2012)

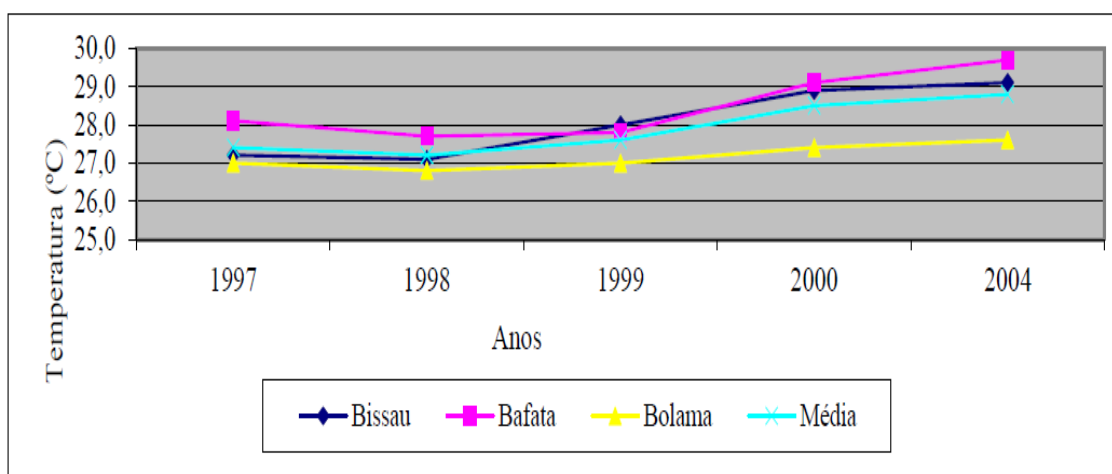
Figura 26: Exemplos de fauna: (A) zonas ocupadas pelos hipopótamos; (B) Aves migratórias

As ilhas que compõem a região de Bolama foram oficialmente confirmadas como reservas da biosfera, pela UNESCO, em Abril de 1990, o que elevou os seus valores a nível internacional, recebendo, atualmente, visitas de grande quantidade de pessoas provenientes de diferentes cantos do mundo.

A ilha de Bolama tem uma floresta pouco densa. Apesar do aumento da desflorestação para a plantação de caju, as florestas das ilhas de Bolama/Bijagos ainda apresentam uma vantagem se comparadas com as do continente, devido à baixa quantidade da população local e às dificuldades em explorar esses bens florestais por parte da população do continente, que teria um alto custo económico. Ou seja, a exploração de recursos nesta região está praticamente limitada ao uso doméstico local. De acordo com Bordalo & Savva-Bordalo (2007), a floresta

da ilha de Bolama é composta de matéria seca, floresta estacional decidual e floresta tropical semi-decídua, palmeiras e savanas costeiras e extensas florestas de mangue.

Segundo a classificação de departamento meteorológico de Bissau, o clima da região é do tipo tropical quente e húmido. A temperatura média anual foi de 27°C, sendo estável durante todo o ano, com fraca amplitude térmica (2 a 3 °C) (DSNM, 2004). A cidade de Bolama apresenta uma temperatura em torno de 27 a 28 °C, ou seja, é a mais baixa nas regiões estudadas. A Figura 27 apresenta os níveis de temperatura entre anos de 1997 a 2004 em 3 regiões do país.

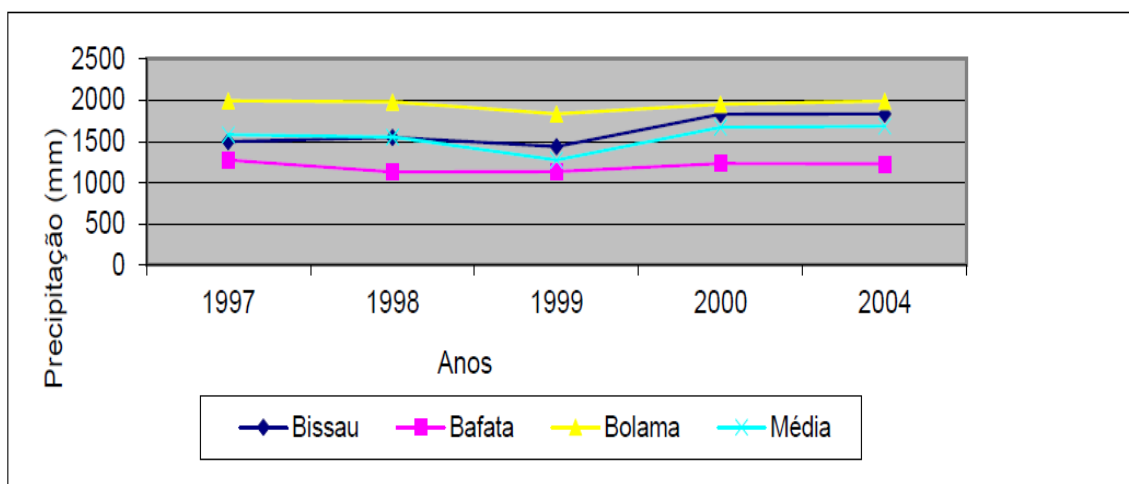


Fonte DSNM, (2004)

Figura 27: Valores médios da temperatura de 1997 a 2004 em 3 regiões do país

Os relatórios de meteorologia do país mostram que o mês de Julho, Agosto e Setembro são os meses com menores dias da insolação, devido à maior nebulosidade.

De 1997 a 2004 nota-se um aumento de cerca de 14% das precipitações. Apesar do aumento anual da precipitação em termos de quantidade nos últimos anos, observou-se uma diminuição do período das chuvas de 6 para 5 meses, ou menos (DSNM, 2004). Ao contrário da temperatura, a ilha de Bolama é a que apresenta o maior nível de precipitação de todas as regiões. A Figura 28 apresenta os níveis de pluviometria de 1997 a 2004 em 3 regiões do país.



Fonte DSNM, (2004)

Figura 28: Valores médios de precipitação de 1997 a 2004 em 3 regiões do país

5.2. Abastecimento de Água Potável na Ilha de Bolama

A região de Bolama ainda é considerada por DSNM (2004) a zona mais pobre e isolada da Guiné-Bissau, com acentuadas carências na cobertura das necessidades básicas das populações. Os serviços de saneamento e recolha de resíduos urbanos, como também o abastecimento de água, considerados elementos essenciais para a saúde humana, continuam ainda inacessíveis em mais de metade das ilhas. O saneamento básico é praticamente inexistente, o que constitui um obstáculo ao desenvolvimento sustentado e é propiciador de doenças que limitam muito diretamente a qualidade de vida da população.

Ao longo de décadas a ilha de Bolama sofreu com a situação de deterioração. Atualmente a cidade não tem energia elétrica pública e as redes de abastecimento de água não estão em condições, pois são antigas e deterioradas, o que leva grande parte da população a procurar como alternativa a água de poço cavado à mão e pouco profundo. Infelizmente a alternativa utilizada para colmatar o problema de abastecimento da água para consumo da população de Bolama às vezes não é apropriada. A ilha de Bolama, como tantos outros lugares do país, tem na sua maioria poços rasos (5-11 m), sem a mínima proteção, o que torna mais vulnerável as situações de infiltração de esgotos e a penetração dos resíduos através da água da chuva, afirma Bordalo (2007).

Muitas das vezes, o processo de poluição e contaminação pode ocorrer por falta de higienização doméstica, pois isso deve-se também à diversidade étnica, social e religiosa,

num país com um pouco mais de 30 grupos étnicos, cada um deles com os seus usos e costumes. Muitos deles fazem criação dos animais em casa, sem condições para controlar os mesmos, nem os resíduos gerados por eles. As fezes dos animais são encontradas em diferentes lugares da cidade de Bolama e demais cidades do país. Os serviços das câmaras municipais são fracos ou inexistentes em Bolama, facilitando assim que a chuva leve esses resíduos (fezes dos animais e entre outros) para diferentes destinos. No entanto, a pesquisa aponta que as fezes dos animais na cidade de Bolama não são o fator principal na contaminação da água subterrânea, apesar da sua presença ser importante. De acordo com Bordalo (2007), a fonte provável de contaminação de água subterrânea na ilha de Bolama é a eliminação de esgotos humanos.

Com a falta de investimento para abastecimento de água e serviços de limpeza urbana, aproximadamente 80% da cidade de Bolama está afetada com a falta desses serviços. Segundo os moradores entrevistados, o facto prejudicaria o combate às doenças mencionadas anteriormente neste trabalho. Os moradores afirmam ainda que milhares de pessoas já foram afetadas por doenças provenientes de resíduos e água dos poços poucos profundos, mais expostos à poluição e contaminação.

Durante muitos anos, não existiram dados sobre a qualidade de água consumida na cidade, até que algumas instituições internacionais, como AMI (International Medical Assistência) e pesquisadores da Universidade do Porto - Portugal, realizaram alguns estudos na cidade, no qual, recolheram água durante a estação chuvosa, período considerado mais vulnerável para as águas subterrânea; depois da água recolhida, foi feita uma avaliação da sua qualidade e do potencial impacto dessa água na saúde dos moradores da cidade, possibilitando o desenho de medidas abrangentes e provisórias para melhorar a qualidade da água a curto prazo.

5.3. Caracterização da Qualidade da Água de Bolama

Como foi dito anteriormente, nesse estudo foram usados os dados da análise da água da ilha de Bolama realizada por um grupo de pesquisadores e organizações não-governamentais. Os pesquisadores Bordalo & Savva-Bordalo (2007) utilizaram parâmetros (físicos, químicos e microbiológicos) para analisar a qualidade da água consumida pela população da ilha durante o período chuvoso, concretamente mês de junho. Nesse estudo analisaram a água de vários

poços pouco profundos, ou seja, a profundidade média de 5 m e não protegidos, os mais utilizados pelas comunidades da ilha de Bolama.

Todos os resultados alcançados durante o estudo de Bordalo & Savva-Bordalo (2007) estão representados na Tabela 6 e comparados com os limites estabelecidos pela União Europeia (EU) e organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2006b).

Tabela 6: Resultados do estudo de qualidade de água de ilha de Bolama de Bordalo & Savva-Bordalo (2007).

PARÂMETROS	VALORES			PADRÕES	
	Valores Mínimos	Média ± Desvio Padrão	Valores Máximos	UE	OMS
Parâmetros Físicos					
Temperatura (°C)	26,55	29,23	30,13	-	-
Turbidez (NTU)	1,0	6,5 ± 3,0	26,0	4	5
Cor (mg PtCo/L)	1	31 ± 6,5	169	15	< 20
Condutividade (µS/cm)	27	136 ± 107	326	250	
Parâmetros Químicos					
pH	4,36	5,12 ± 5,2	6,02	≥ 6,5 e ≤ 9,5	
Oxigênio dissolvido (mg/l)	2,97	6,58 ± 6,95	8,14	-	-
Nitrato (NO ₃ mg/l)	0,9	16,6 ± 14,8	55,3	50	50
Amônia (NH ₄ mg/l)	0,01	0,11 ± 0,07	1,37	0,5	-
Nitrito (NH ₂ mg/l)	0,03	0,04 ± 0,03	0,13	0,5	0,2
Cobre (µg/l)	1	96 ± 49	395	2000	2000
Ferro (µg/l)	3,0	66,5 ± 21,5	440,0	200	-
Cromo (µg/l)	3	26 ± 25	76	50	50
Cianeto (µg/l)	1	12 ± 10	55	50	70
Parâmetros Microbiológicos					
Coliformes fecais (UFC/ml)	0	410 ± 35	5000	0 ^b	0
Enterococos fecais (UFC/ml)	0	74 ± 3	850	0	0
Coliformes totais (UFC/ml)	0	2306 ± 160	23.000	0	0

Fonte: Bordalo et al. 2007

É possível perceber através destes valores que há grande variabilidade na maioria dos parâmetros e que alguns parâmetros, como os microbiológicos, apresentaram valores muito acima do permitido para consumo humano (Tabela 6).

A seguir é apresentada uma breve análise dos principais resultados de qualidade da água de ilha de Bolama monitorados no estudo de Bordalo & Savva- Bordalo, (2007).

5.3.1 Parâmetros Físicos

Foram analisados os seguintes parâmetros físicos:

- **Cor** – De entre os vários parâmetros analisados na água subterrânea de ilha de Bolama pelo referido estudo (Bordalo & Savva-Bordalo, 2007), o valor da cor (Tabela 6) varia entre o mínimo e máximo de 1 a 169 uH (unidade de Hazen –1 uH corresponde a 1 mg PT/Co/L na escala de platina cobalto). A União Europeia e a Organização Mundial de Saúde estabeleceram que o valor máximo da cor na água para o consumo humano é de 15 uH e inferior a 20 uH. Ou seja, o resultado apresentado na água da ilha de Bolama demonstra claramente que os poços avaliados apresentam valores acima dos limites considerados para uma água para consumo humano. Esses valores altos podem estar ligados à presença de certas substâncias dissolvidas na água, como o ferro, manganês, ácidos húmicos ou então pela decomposição de matéria orgânica. Mas também, é bom não descartar a hipótese de essa água ter recebido os esgotos domésticos provenientes da cidade, já que grande parte dos poços na ilha, como em diferentes lugares do país, são pouco profundos e sem nenhum tipo de proteção externa ou interna.

- **Turbidez** – os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT), o valor máximo permitido para a turbidez de acordo com a OMS é de 5 UNT. Os valores encontrados na água consumida pela população da ilha de Bolama variam entre o mínimo de 1 ao máximo de 26 UNT (Tabela 6), deixando claro a não conformidade com os padrões para consumo humano. Em alguns casos, águas ricas em Fe, podem apresentar um aumento turbidez quando entram em contacto com o oxigênio do ar. Os poços estudados oferecem todas essas condições, pois são poucos profundos, a concentração do ferro é alta, valor variando entre 3 a 440 µg/l, acima do limite da União Europeia que é 200 µg/l (Tabela 6).

- **Temperatura** - este parâmetro varia entre 26 a 30 °C, sendo que o valor médio foi de 29,23 °C (Bordalo & Savva-Bordalo, 2007). As águas subterrâneas têm uma amplitude térmica pequena, isto é, a sua temperatura não é influenciada pelas mudanças da temperatura atmosférica, com exceção dos aquíferos freáticos pouco profundos (Feitosa *et al.*, 2008). Em lugares onde o nível da temperatura é elevada, a temperatura da água subterrânea dos poços rasos é relativamente elevada (FUNASA, 2007). Em profundidades maiores a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m). Este parece ser o caso concreto dos poços de Bolama, pois os valores da temperatura apresentados podem ser justificadas pelas baixas profundidades dos poços, sendo o nível médio dos poços analisados de 5 m de profundidade.

- **Condutividade (CE)** - em relação à condutividade avaliada, esta variou de 27 a 326 µS/cm. O valor limite de referência para a condutividade da (UE) é de 250 µS/cm. Essa diferença de valores de condutividade de água de Bolama em relação ao valor referenciado pela UE indica a existência de baixa concentração de sais totais dissolvidos nalguns dos poços estudados na ilha de Bolama, e outros que excedem nitidamente os limites.

5.1.2 Parâmetros Químicos

São analisados os seguintes parâmetros químicos:

- **pH** - este parâmetro teve uma variação entre 4,36 a 6,02 enquanto a faixa de variação estabelecida pela União Europeia varia de > 6,5 a < 9,5. O valor apresentado pela água do consumo humano na ilha de Bolama deixa uma grande preocupação, pois a água é considerada ácida (pH < 7). Apesar de alguns estudos concluíram que a maioria do pH das águas subterrâneas fica em torno de 5,5 a 8,5 (Feitosa *et al.*, 2008). Os poços de Bolama, pelo facto de serem cavados com uma profundidade de 5 m em média pode estar ligado à concentração de CO₂ dissolvido. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbónico dissolvido e a alcalinidade (Feitosa *et al.*, 2008).

- **Oxigênio dissolvido (OD)** – no que diz a esse parâmetro, a sua variação de concentração ocorreu entre 2,97 e 8,14 mg/l. Apesar de este não estar referenciado tanto pela UE e OMS, alguns pesquisadores como Feitosa *et al.*, 2008, recomendam que o valor ótimo de oxigênio dissolvido na água subterrânea seja entre 1 e 5 mg/l. Santos *et al.* (2011) afirmam que “ o

oxigênio dissolvido na maioria das águas subterrâneas tem concentrações de O₂ entre 0 e 5 mg/l”. O que indica que a água dos poços analisados em Bolama apresenta o nível ótimo de oxigênio e o valor apresentado pode estar relacionado com a baixa profundidade dos poços que recebe a influência direta do ar.

• **Nitrato (NO₃)** –os valores de nitrato variaram entre 0,9 e 55 mg/l ficando um pouco acima do valor recomendado pela (UE e OMS) que indicam como o valor máximo os 50 mg/l (Tabela 6). Ou seja, a presença de nitrato na água dos poços de Bolama pode ter sido o resultado da expansão urbana sem a estrutura de saneamento na cidade. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5 mg/l.

• **Amônia (NH₄)** - este parâmetro teve uma variação entre 0,1 a 1,35 mg/l. Ou seja, o nível da concentração da amônia encontrada na água de ilha de Bolama está acima do permitido pela UE. O valor máximo permitido pela União Europeia é de 0,5 mg/l.

Nitrito (NO₂) - os valores encontrados variam entre (0,03 - 0,13 mg/l), enquanto os recomendados pela UE e OMS estão em torno de 0,2 a 0,5 mg/l (Tabela 6), isso mostra que a concentração de nitrito na água dos poços de Bolama não se encontra numa concentração muito alta. Até porque, o nitrito é um ião muito instável sendo rapidamente oxidado a nitrato ou reduzido, isso depende das condições ambientais.

• **Ferro (Fe)** - os poços avaliados apresentam valores de Fe entre 3 a 440 µg/l, acima do VMP de União Europeia que é 200 µg/l (Tabela 6). O ferro é um elemento persistentemente presente em muitas águas subterrâneas proveniente de fontes minerais escuros (máficos) portadores de Fe (magnetite, biotite, pirite, piroxênios, anfibólios). Mas, se se levar em consideração que a ilha de Bolama foi a primeira capital, conforme foi relatado anteriormente neste trabalho, ela beneficiou de muitas infraestruturas de construções, embarcações, que atualmente estão deterioradas e abandonadas nas ruas da cidade. Uma alta precipitação pode arrastar uma quantidade de ferro para infiltração no solo, ou podem ser conduzidos diretamente para os poços, pois são pouco profundo e sem proteção externa.

Crômio (Cr) - a concentração do Cr na água de poços de Bolama está acima do valor máximo permitido pela EU e OMS. Este valor variou entre 3 a 76 µg/l enquanto o limite fica na faixa de 50 µg/l (Tabela 6). Isso pode ser resultado da grande quantidade de resíduos

sólidos e líquidos despejados nas ruas da cidade, pois a cidade não apresenta uma rede de saneamento. Estudos mostram que a contaminação do ambiente por Cr pode ocorrer por diferentes mecanismos antrópicos. Apesar da libertação para o solo e sedimentos ocorrer de forma indireta via deposição atmosférica, constata-se que a contaminação maioritária é devida principalmente às perdas de líquidos contendo Cr ou à deposição inadequada de resíduos sólidos (Stanin & Pirnie, 2005).

5.1.3 Parâmetros Microbiológicos

Foram analisados os seguintes parâmetros microbiológicos:

- **Coliformes fecais e totais** - os resultados de análises de água dos poços de Bolama mostra uma concentração muito alta em comparação ao limite da União Europeia - 5000 UFC/100/ml de coliformes fecais e 23000 UFC/100/ml de coliforme totais (Tabela 6), mostrando que os poços analisados apresentam água imprópria para consumo humano. A UE e a OMS consideram como a água potável como aquela em que não há presença de coliformes.

- **Enterococos (UFC/ml)** – este parâmetro apresentou um resultado muito alto se for comparado com VMR referenciadas pela OMS e EU. Pois Enterococos apresenta o valor de 850 UFC- 100/ml.

Todas as três variáveis de parâmetros microbiológicos (coliformes totais e fecais e enterococos) no quadro 2, apresentaram resultados acima dos VMP nas águas dos poços de ilha de Bolama, o que vem confirmando a indicação de má higienização dos poços de água, contaminados provavelmente por esgoto doméstico ou fossas e tanques sépticos, bem como a deposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. Durante a visita observou-se que as fossas sépticas das residências se encontram próximas aos poços de água de pouca profundidade. Os valores variaram de 6 a 20 m de distância. Outro problema observado foi o acondicionamento de resíduos domésticos sem o mínimo cuidado. A falta de orientação dessas pessoas estará contribuindo para uma maior degradação da qualidade das águas subterrâneas e uma maior contaminação por bactérias potencialmente patogênicas. Se observar a tabela 6 percebe-se que os coliformes estão presentes em grandes quantidades. Apesar da presença de coliformes na água não representar, por si só, um perigo para a saúde, indica a possível presença de outros organismos causadores de problemas à saúde. Os

principais indicadores de contaminação fecal são as concentrações de coliformes fecais e enterococos, expressas em número de unidades formadoras de colónias por 100 ml de água (Millon, 2004).

5.3. CONDIÇÕES SOCIOECONÓMICAS E AMBIENTAIS DA POPULAÇÃO DA ILHA DE BOLAMA

Ao longo da visita do campo de estudo foram realizadas entrevistas com algumas famílias da cidade de Bolama, principalmente aquelas que utilizam para o consumo diário a água de poço cavado, como alternativa ao abastecimento público de água. Como resultado da visita e da aplicação dos questionário aos usuários de fontes alternativas de água na ilha de Bolama, obteve-se o número total de 87 pessoas distribuídas em 19 famílias, com diferentes idades e classes sociais. As condições socioeconómicas relacionadas à população e à infra-estrutura domiciliar foram precárias. Na área, 100% dos familiares entrevistados não vivem com mais de 1 euro por dia, e a renda dessas famílias variou entre um (1) a dois (2) salários mínimos em média de 50 euros mensais; o nível de escolaridade observado também foi baixo, predominando chefes de família sem grau de escolaridade.

Relativamente às condições socioambientais, só 10% das famílias entrevistadas consomem água fornecida pelo sistema de abastecimento pelos poços tubulares, os restantes 90% só consomem água provinda de poços cavados. Observou-se maior percentual de poços rasos, escavados manualmente, com 5 a 10 metros de profundidade, cuja captação de água era feita por balde de 10 L. Chamou a atenção o elevado percentual de domicílios nos quais os entrevistados não sabiam informar a distância entre o poço e a fossa mais próxima. Quanto ao destino final do esgoto doméstico, 97% dos domicílios analisados, destinavam-no às ruas e 3% a fossas.

Os entrevistados foram perguntados se no passado existiam alguns trabalhos da instrução sobre problemas ligados com o consumo da água. Das 87 pessoas entrevistadas, 34% das pessoas disseram que sim, enquanto que 66% responderam não terem tido nenhuma orientação sobre os riscos para a saúde que podem estar envolvidos no uso de fontes alternativas de água. Ainda responderam que não foram orientados nem por parte do governo municipal (câmara municipal), nem pela autoridade central.

No entanto, foram perguntados se teriam conhecimento sobre as doenças provenientes do uso da água dos poços não protegidos e 51% responderam que tiveram informação limitada, através das rádios, sem muitos detalhes e 49% responderam que não tinham conhecimento de que a água contaminada poderia trazer problemas à saúde humana. Quando questionados se tinham algum conhecimento sobre a cólera e outras doenças de veiculação hídrica, 85% dos usuários de fontes alternativas relataram o que era cólera, e 15% dos entrevistados nem sabiam que era transmitida por uma bactéria que pudesse estar na água. Estes inquéritos reforçaram a ideia da falta de campanhas de esclarecimento pelo órgão de saúde pública municipal.

Sobre a percepção da qualidade da água proveniente dos poços não protegidos apenas 5% das famílias afirmam que conseguem perceber por meio de análise visual, isso levanta uma preocupação sobre os riscos potencial para a ocorrência de doenças transmitidas pela água subterrânea. Na sequência, responderam sobre o costume de tratar água antes do consumo, apenas 2% declararam ter o costume de ferver água não frequentemente e 98% relatam que não fervem a água antes de bebê-la.

Também os moradores entrevistados, foram perguntados sobre onde armazenavam as grandes quantidades de água para o uso diário e a limpeza desse lugar (reservatório). Do total das 19 famílias, 100% declararam não possuir reservatório de água nas residências. Ou seja, a água é coletadas nos poços diretamente para uso.

Em relação à criação de animais na casa na proximidade dos poços é algo que precisa ser observado por questão da higiene, na ilha de Bolama. O nível de precipitação é alto com uma média anual de 1500 mm, conforme se relatou no item 4.1 deste trabalho. Isso proporciona o aumento do nível da água dos poços (pouco profundos), facilitando assim contaminação por excrementos de animais (coliformes, entre outros), carregados pelo escoamento da água da chuva e infiltração no subsolo.

Depois das pesquisas sócio-económicas e ambientais foram realizados alguns debates com a comunidade onde foram abordados assuntos com a ocorrência da água subterrânea, explicando-se a importância da água subterrânea no ciclo hidrológico da Guiné-Bissau.

Também, foi apresentada a importância na conservação dos poços como forma de evitar uma possível contaminação dos aquíferos, a importância sócio-económica da água e sua

importância para a saúde dos seres humanos. Foram apresentadas as doenças de veiculação hídrica evidenciando a necessidade de cuidados para com a água, especialmente a destinada ao consumo humano.

Foi ainda abordado o uso da técnica de filtro lento de areia para tratamento de água. Na qual foram explicados que é uma técnica de operação fácil e de baixo custo que caberia dentro do orçamento da comunidade. Isso foi relatado de uma forma bem cautelosa, mostrando que só isso não resolveria o problema da comunidade, pois é necessário urgentemente uma consciência ambiental da parte da comunidade.

6.CONCLUSÕES

6.1 TECNOLOGIA AO ALCANCE DAS PEQUENAS COMUNIDADES ISOLADAS

Nesta secção discute-se a viabilidade técnica, socioeconómica e ambiental do uso da filtração lenta de areia para tratamento da água consumida pela comunidade da Ilha de Bolama, na República da Guiné-Bissau.

Levando-se em consideração que o País, de forma geral, possui graves carências económicas que o impedem de instalar uma Estação de Tratamento de Água (ETA) e também possui problemas de mão de obra especializada para operar complexas estações convencionais, pode-se afirmar que a solução mais adequada, nesse caso e nesse momento, seria necessariamente um sistema simplificado que pudesse ser operado e mantido pela própria comunidade.

Pois a inexistência de uma política pública para o sector de abastecimento da água destinada à população do País obriga cada aldeia ou família guineense a identificar a melhor forma de encontrar água adequada para o consumo. Desse modo, procurou-se oferecer uma abordagem tecnológica alternativa, que consiste no emprego da filtração lenta de areia.

O filtro lento de areia é uma técnica muito antiga, mas tem eficiência comprovada, sendo utilizada em várias partes do mundo, especialmente para atender às comunidades pequenas e sem recursos financeiros e tecnológicos. Assim, essa técnica é apropriada para zonas com poucas infraestruturas ou para regiões descentralizadas. Nas zonas como aquela em que está

localizada a Ilha de Bolama, a filtração lenta em areia pode tornar-se uma alternativa promissora para o fornecimento de água de boa qualidade para a população local.

O filtro lento é uma tecnologia de fácil entendimento e assimilação por parte dos utilizadores, o que pode contribuir para o emprego de mão de obra local na sua operação e manutenção, isso pode trazer benefícios significativos. A participação comunitária pode se dar por meio de doações, trabalho e mão de obra. Convém ressaltar que o envolvimento comunitário é de fundamental importância não apenas para a viabilização do abastecimento de água, mas para sua valorização, para a difusão de hábitos higiénicos, a manutenção autossustentável e até mesmo para a preservação dos mananciais utilizados.

6.2 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHO FUTURO

Este trabalho propôs-se contribuir com o estudo da filtração lenta de areia para o futuro fornecimento de água de boa qualidade de forma regular às populações da Ilha de Bolama. Trata-se de suprir uma necessidade de ordem não apenas social, mas também ambiental e económica. Contudo, infelizmente nem sempre essa necessidade é entendida e atendida. Assim, este estudo procurou indicar uma alternativa que inclui o desenvolvimento ou a melhoria de um sistema que pode auxiliar no atendimento economicamente viável dessa necessidade. Com isso, e devido à dificuldade e à dimensão do problema, o seguimento dos estudos é fundamental para que essa necessidade seja suprida e, assim, se possa oferecer melhor qualidade de vida à população de Ilha de Bolama e demais aldeias isoladas no País.

- Aspectos sociais

O filtro lento de areia pode ser uma tecnologia nova no País, em particular na Ilha de Bolama, mas informações sobre ele e sua importância poderiam ser incluídas na educação dos cidadãos da Ilha como forma de expandir a preocupação em relação ao consumo de água de má qualidade e os seus efeitos na saúde da comunidade. Assim, é possível consciencializar a população local de que a tecnologia do filtro lento de areia é uma alternativa adequada para apoiar no processo de tratamento de água. Também é importante ajudar e treinar os membros da comunidade para operar e manter as instalações.

- Aspectos económicos

Os estudos mostram que os custos para a instalação do filtro lento de areia são baixos. Contudo, é preciso avaliar economicamente a situação para estimação do custo de instalação, operação e manutenção proposto e para avaliação da água a ser tratada.

- Aspectos técnicos e ambientais

É importante instalar um FLA de forma experimental para avaliação dos problemas discutidos neste trabalho, bem como para levantar demais informações importantes relacionadas com o filtro lento de areia que porventura deixaram de ser mencionadas aqui. Nessa situação, também é possível estudar mecanismos novos que possam auxiliar na eficiência do processo de filtração lenta. Isso faz parte de uma perspectiva de melhoria da eficiência e de crescimento da produção, de forma a não simplesmente satisfazer as necessidades da população local, mas a contribuir para o avanço da sua qualidade de vida. Por essa razão, seria importante a introdução de diferentes técnicas para aumentar a eficiência do filtro lento aqui estudado. Por exemplo:

- 1) Introdução das mantas sintéticas não tecidas, que aumentam a capacidade de retenção de partículas e microrganismos na superfície do sistema, melhorando assim a qualidade de água para o consumo humano (Paterniani *et al.*, 2001; Londe, 2002; Camplesi, 2009).
- 2) Adição, na etapa da filtração lenta em areia, de carvão ativado orgânico granular ou mantas sintéticas, o que favorece a remoção de matéria orgânica dissolvida na água bruta, que é mais dificilmente eliminada quando se utiliza um meio filtrante constituído apenas por areia (Di Bernardo *et al.*, 2005).
 - Uso de carvão ativado na remoção de microrganismos como coliformes totais e fecais. De acordo com estudo realizado por Veras *et al.* (2008), isso torna o filtro lento mais eficaz em relação aos demais filtros. Além disso, sugere que o carvão ativado granular e as mantas ajudam a aumentar a eficiência de remoção de coliformes. No caso do ferro, todos os filtros lentos com carvão ativado apresentaram elevadas percentagens de remoção. Quanto à remoção de turvação, o processo com carvão também mostra grande eficiência na remoção das partículas presentes na água.
- 3) Por fim a introdução de pré-filtração, caso a água apresente elevado nível de turvação.

REFERÊNCIAS

AGUILA, N. & Di BERNARDO, L. (2003) – Organismos Responsáveis pelo Amadurecimento do Filtro Lento de Areia Precedida da Pré- Oxidação com Ozono ou Peróxido de Hidrogênio. S.Carlos (SP). Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Joinville (SC): ABES, 2003. p. 300-301.

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/dxlo.pdf>

ALVES, C. (2007), Tratamento de águas de abastecimento 2ª edição, Publindústria, Brasil.

ALVES, L. (2010). *Qualidade da água de múltiplos usos na microrregião de Itapecuru-Mirim-Ma*. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias para obtenção do título de Doutor em Medicina Veterinária (Medicina Veterinária Preventiva). UNESP (Universidade Estadual Paulista), Brasil.

<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/mvp/d/753.pdf>

ASLAN, S. & CAKICI, H., (2007) Biological Dinitrification of Drinking Water in a Slow Sand Filter. *Journal of Hazardous Materials*, **148**:253-258.

http://ac.els-cdn.com/S0304389407002610/1-s2.0-S0304389407002610-main.pdf?_tid=0c186578-9e1c-11e7-98a4-00000aab0f02&acdnat=1505923075_00dc7cd634fb4ca7210a4a4260fd5288

AYACH, L.; PINTO, A., CAPPI, N. & GUIMARÃES, S. (2009). Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: um estudo da cidade de Anastácio-MS. *CLIMEP- Climatologia e Estudos da Paisagem*. Rio Claro, SP, **4**, (1): 5-26.

https://www.researchgate.net/publication/279424086_contaminacao_das_aguas_subterraneas_por_coliformes_um_estudo_da_cidade_de_anastacio-ms

AZEVEDO NETTO, J. (1979) - *Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água* – Volume 2. 2ª edição -; CETESB. S. Paulo, Brasil. 951 pp.

BADJI, C P., BIAGUE, M. (2004); *Plano Nacional de Gestão Ambiental*. República da Guiné-Bissau, Secretaria de Estado dos Recursos Naturais, Energia e Industria, Direção Geral do Ambiente, 255 pp e anexos.

BAIO, S. AZINHAGA, P. & ALVARENGA, C. (2005). *Redução da vulnerabilidade na Guiné-Bissau aos impactos do clima sobre os recursos em água, zonas húmidas e a desertificação*. <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/2061/30/9-embalo.pdf>

BARROS, W. (Coord.) (2005). *A água na visão de Direito*. Centro de Estudos do Poder Judiciário, Porto Alegre, Brasil. 209 pp.

https://www1.tjrs.jus.br/export/poder_judiciario/tribunal_de_justica/centro_de_estudos/publicacoes/doc/Agua_na_Visao_do_Direito.pdf.

BATALHA, B. & PARLATTORE, A. (1977). *Controle da Qualidade da água para consumo humano: bases Conceituais e Operacionais*. CETESB. São Paulo, Brasil. 198 pp.

BELLAMY, W., HENDRICKS, D. & LOGSDON G. (1985). Slow sand filtration: influences of selected process variables. *Journal of the American Water Works Association*, 77, (12):.62-66. <https://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/11477.aspx>

BIAI, I. (2009). *Efeitos das Alterações climáticas na Zona Costeira Noroeste da Guiné-Bissau*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Universidade Técnica de Lisboa. 80 pp. http://www.civil.ist.utl.pt/shrha-gdambiente/DM_IB.pdf

BOCK, A. (2001). *Segurança alimentar: A cultura de arroz e a Inovação Tecnológica na Guiné-Bissau*, ISA/UTL, Lisboa, Tese de mestrado em Produção Agrícola Tropical - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa/ Portugal.

BORDALO, A (2014) *Notas* In VITORINO, M. (2014) *Guiné-Bissau, um País Adiado. Crónicas na Pátria de Cabral*. Editora Orfeu, Livraria Portuguesa e Galega em Bruxelas

BORDALO, A. & SAVVA–BORDALO, J. (2007). The quest for safe drinking water: An example from Guinea-Bissau, West Africa. *Water Research* 41:2978-2986. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.021>

BOUGUERRA, M. (2004). *As batalhas da água*. Vozes (Coleção Questões Mundiais), Petrópolis, Brasil. 238 pp. <http://www.buscape.com.br/as-batalhas-da-agua-mohamed-larbi-bouguerra-8532630413>

BRANCO, A. (2007). *Novos Paradigmas para a Gestão da Água e dos Serviços de Água e Saneamento: O Caso de Portugal*. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Ciências e Tecnologias do Ambiente. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1383/1/20234_ulfc080546_tm.pdf

BRODER, M. & BYRON, C. (2005). Slow sand and diatomaceous earth filtration. *In*: Baruth, E. (Ed.) *Water treatment plant design*. 4th Ed. ASCE and AWWA. McGrawHill. Nova Iorque. EUA.

BROOKS, G.. (1991). Bolama: Centro de Interesses Imperialistas Africanos, Europeus, Euro-africanos e Americanos. *Soronda, Revista de Estudos Guineenses, INEP, 11*: 5-35.

http://inep.gw/backend/tables/revista_soronda/ficheiro1/Soronda_n11-net.pdf

BÜHLER, B. (2011). *Qualidade da água e aspectos sedimentares da bacia hidrográfica do rio Paraguai no trecho situado entre a Baía do Iate e a região do Sadao, Município de Cáceres*. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Ciências Ambientais apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso.

http://portal.unemat.br/media/oldfiles/ppgca/docs/dissertacao_barbara_ferraz_buhler.pdf

CAJAZEIRAS, C. (2007). *Qualidade e uso das águas subterrâneas e a relação com doenças de veiculação hídrica região de Crajubar/CE*. Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geologia, da Universidade Federal do Ceará. Brasil.

http://www.cprm.gov.br/publique/media/diss_claudio.pdf

CAMPLESI, D. (2009). *Desempenho da tecnologia de filtração em múltiplas etapas (FiME) no tratamento de águas de abastecimento em escala piloto*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia (Brasil).

<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/637/1/dissertacao%20daniela%20camplesi.pdf>

CETESB (2009). *Variáveis de qualidade de água*. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil. <http://www.cetesb.sp.go.br/Agua/rios/variveis.asp#transparencia>

CHAVES, M. (1998). Complexidade e transdisciplinaridade: Uma abordagem multidimensional do setor saúde. *Revista Brasileira de Educação Médica*, **22** (1): 7-18.

http://www.wservices.srv.br/public/projetos/a1educar/UserFiles/files/TRANS_TRANSDISCIPLINARIDADE%20E%20complexidade%20NA%20SAUDE.pdf

CISAM & AMVAP (2006). *Manual de saneamento rural*. Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental & Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Paranaíba, Brasil. 94pp.

<http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/SaneamentoAmbiental0/SemestreAtual/ManualdeSaneamentoRural.pdf>

CLEASBY, J. (1991). *Source water quality and pretreatment options for slow sand filters, in Slow Sand Filtration*. American Society of Civil Engineers New York. 5 pp.

CMB (2010). *Dificuldade de encontrar água adequada para consumo humano*. Relatório da Câmara Municipal de Bissau, Guiné-Bissau.

COLLINS, M. (1998). *Small Systems Water Treatment Technologies: State of the Art Workshop - Assessing Slow Sand Filtration and Proven Modifications*. American Water Works Association (AWWA). Denver, Colorado, EUA.

CONCEIÇÃO, C. (2002). *Eficiência da Pré – filtração e filtração lenta no controle das características químicas, físicas e biológicas da água para piscicultura*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257306/1/Conceicao_CelsoHenriqueZuppida_M.pdf

COSTA, R. (1980). *Estudos comparativos da eficiência de filtros lentos de areia convencionais e de fluxo ascendente*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre - Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.

CPDA (2004). Carta de Política de Desenvolvimento Agrário Guiné-Bissau.

CPDA (2002). Carta de Política de Desenvolvimento Agrário Guiné-Bissau

DENARP (2004). *Documento de Estratégia Nacional de Redução de Pobreza*. Guiné-Bissau.
<http://www.stat-guinebissau.com/denarp/denarp.pdf>

DENARP (2011). *Segundo Documento de Estratégia Nacional de Redução da Pobreza*. Ministério da Economia, do Plano e da Inegração Regional. Guiné-Bissau.
<https://www.imf.org/external/lang/Portuguese/pubs/ft/scr/2011/cr11353p.pdf>

DERISIO, J. (2007). *Introdução ao Controle de Poluição Ambiental*. 3. Ed. Signus. São Paulo, Brasil.

Di BERNARDO, L. & DANTAS, A. (2005). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 2ª ed Editora Rima. São Carlos, São Paulo, Brasil. 1565 pp. Vols. 1 e 2.

Di BERNARDO, L. (2003). *Tratamento de águas de abastecimento por filtração direta*. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Brasil). ABES. Rio de Janeiro, Brasil. 486 pp.

Di BERNARDO, L, BRANDÃO, C. & HELLER, L. (1999). *Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas*. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Brasil). ABES. Rio de Janeiro, Brasil. 114pp.

Di BERNARDO, L. (1993). *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. ABES, Rio de Janeiro, 1993. Vol. 1.

DIAS, I. (2011), *MBBR Acoplado a Filtro Lento de Areia e a Osmose Inversa para Tratamento de Efluente da Indústria de Petróleo Visando Reuso*. Dissertação apresentada a Pós-Graduação em Engenharia Química- UFRJ, Brasil.
<http://portal.peq.coppe.ufrj.br/index.php/producao-academica/dissertacoes-de-mestrado/2011-1/69-mbbr-acoplado-a-filtro-lento-de-areia-e-osmose-inversa-para-tratamento-de-efluente-da-industria-de-petroleo-visando-reuso/file>

DIOGO, L., NHAMBIU, J. & NHUMAIU, G. (2010). *Sistema de potabilização da água*. Projecto de Curso. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique.
http://nhambiu.uem.mz/wp-content/uploads/2011/05/diogo_alivito.pdf

DGRH (2010). *Nota Conceptual Técnica sobre as possibilidades da cooperação com a Guiné-Bissau no domínio das águas subterrâneas e intrusão salina no âmbito da CPLP*. Documento Avulso. DGRH do Ministério dos Recursos Naturais da Guiné-Bissau.

DONAIRE, P. (2007). *Tratamento de água subterrânea contaminação com BTEX utilizando fotocatalise heterogénea*; Tese de Doutoramento, Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química. Campinas, São Paulo, Brasil.

<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtIs000430542.pdf>

DSNM (2004). Boletim informativo da Direcção do Serviço Nacional de Meteorologia sobre a evolução pluviométrica ao longo do ano nos principais postos meteorológicos, Bissau.

EEA (1999). *Groundwater Quality and Quantity in Europe*. European Environment Agency. Environmental Assessment Report, 3, p. 42.

<https://www.eea.europa.eu/publications/TEC22/download>

EMMENDOERFER, M. (2006). *Filtração Lenta com retrolavagem para propriedades rurais de uso familiar*. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

EQUIPE EDUCAREDE (2004). Desafio para o século XXI. Disponível em:

<http://www.educarede.org.br/educa/oassuntoe/index.cfm?pagina=interna&idtema=6&idsubtema=5>

Acedido em 25 de agosto de 2010.

FARIAS, N. (2011). Desempenho de filtros lentos periodo de amadurecimento precedidos de pré-filtração em pedregulho no tratamento de água contendo células tóxicas de *Microcystis aeruginosa*. Dissertação submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasil.

http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10237/1/2011_NaraJullianaVieiradeFarias.pdf

FEITOSA, F., FILHO, M., FEITOSA, E. & DEMÉTRIO, J. (2008). *Hidrogeologia – Conceito e aplicações*. 3ª edição CPRM, Fortaleza, Brasil. 391 pp..

FERREIRA, A., LIMA, C., CARDOSO, F. & KETTELHUT, J. (2007). *Águas Subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido*. Ministério do Meio Ambiente / Associação Brasileira de Águas Subterrâneas / Petrobras. Brasília.

http://www.mma.gov.br/estruturas/167/_publicacao/167_publicacao28012009044356.pdf

FILHO, A. & BRANCO, Z. (1964). *Água tratamento e qualidade*. Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, Brasil.

FUENTES, R., PFÜTZE, T. & SECK, P. (2006) A logistic analysis of diarrhea incidence and access to water and sanitation. PNUD.

<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2006/papers/Fuentes%20et%20al%20B.pdf>

FUNASA (2007). *Caderno de pesquisa em Engenharia de Saúde Pública*. Fundação Nacional de Saúde. Funasa, Brasil. 118 pp.

GALVIS, G., LATORRE, J. & VISSCHER, J. (1997). *Filtración en Múltiples Etapas. Tecnología Innovativa para el Tratamiento de Agua (versión preliminar)*. IRC, CINARA, Colômbia. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/255.9-99FI-17025.pdf>

GIL, A. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. Atlas. São Paulo:

GROSSMAN, G. & KRUEGER, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2) : 353-377.

<http://www.econ.ku.dk/nguyen/teaching/Grossman%20and%20Krueger%201995.pdf>

GUINÉE-BISSAU (2007). *Élaboration de La Politique Régionale de l'Eau pour l'Afrique Occidentale*. Communauté Économique des États de L'Afrique de L'Ouest (CEDEAO).

HAARHOFF, J. & CLEASBY, J. (1991). Biological and physical mechanisms in slow sand filtration. In Logdon, G.(ed) *Slow Sand Filtration*. American Society of Civil Engineers, New York. p19-68.

HELLER, L.(2006). Abastecimento de água, sociedade e ambiente. *In: HELLER, L & PÁDUA, V. (org.). Abastecimento de água para consumo humano.* Editora UFMG, Belo Horizonte, Brasil. p. 29-64.

HELLER, L & PÁDUA, V. (2006). *Abastecimento de água para consumo humano.* Editora UFMG, Belo Horizonte, Brasil. 859 pp.

HESPANHOL, I, (1987). Filtração lenta. *In Azevedo Netto, J. Técnica de abastecimento e tratamento de água,* CETESB-ASCETESB, São Paulo 1987.

HIJNEN, W., DULLEMONT, Y., SCHIJVEN, J., HANZENS-BROUWER, A., ROSIELLE, M. & MEDEMA, G. (2007). Removal and fate of *Cryptosporidium parvum*, *Clostridium perfringens* and small-sized centric diatoms (*Stephanodiscus hantzschii*) in slow sand filters. *Water Research*, **41**:2151-2162. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.01.056>

INASA (2009). Instituto Nacional de Saúde da Guiné Bissau. Documento avulso

INASA (2013). O decurso da epidemia de cólera em 2013 (Guiné-Bissau). Instituto Nacional de Saúde da Guiné Bissau

http://who.int/csr/don/20131127_guinea-bissau-colera-2013-edicao1-pt.pdf

INEP (1993) Considerações sobre as estruturas socioeconómicas das sociedades agrárias e sua evolução histórica: um estudo de caso da Guiné-Bissau pós-colonial. *Soronda*, revista semestral do INEP,1993 (1): 7-10.

INE (2010). Guiné-Bissau – 4º Inquérito por Amostragem aos Indicadores Múltiplos 2010 & 1º Inquérito Demográfico de Saúde Reprodutiva (IDSR), http://www.stat-guineebissau.com/publicacao/relatorio_preliminar_mics4_idsr1.pdf

INEC (2002). Inquérito Ligeiro sobre a Avaliação da Pobreza (ILAP) na Guiné-Bissau. http://www.stat-guineebissau.com/publicacao/Evaluation_ILAP_em_Portugues.pdf

IPCC, (2007), Mudança do Clima; A Base das Ciências Físicas: Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima; Sumário para os Decisores de Políticos.

IPCC, (2007 b), Mudança do Clima; Mitigação da Mudança do Clima: Contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima; Sumário para os Decisores de Políticos.

KJELLÉN, M. (2001). *Health and environmental SIDA*. Health Division Document, Sweden. 50 pp. http://www.sida.se/globalassets/publications/import/pdf/en/20012-health-and-environment-issue-paper_641.pdf

KREBS, A. (2004) *Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá, SC*; Tese de Doutorado, Florianópolis (SC), UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87645>

LEWIS, W., FOSTER, S. & DRASAR, B. (1986). O risco de poluição do lençol freático por sistema de deposição local de esgoto; um visão geral da literatura técnica. *In: De Andre G.T. Pires (Trad.) The Risk of Groundwarter pollution on-site sanitation in developing countries*. Brasília, Brasil. 91pp.

LEWIS, W., FARR, J. & FOSTER, S. (1980). The pollution hazard to village water supplies in eastern Botswana. *In: Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, p. 281- 293.

LIBÂNIO, M. (2010). *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3ª edição. ABES, São Paulo, Brasil.

LOGSDON, G., KOHNE, R., ABEL, S. & LaBONDE, S. (2002). Slow sand filtration for small water systems. *Journal of Environmental Engineering and Science*, **1**(5):339-349. <https://doi.org/10.1139/s02-025>

LONDE, L., (2002). *Eficiência da filtração lenta no tratamento de efluentes de leito cultivados*. Dissertação de Mestrado UNICAMP Universidade de Campinas, SP, Brasil. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257314>

MALAISSSE F, (1996). *Caractérisation Phytogéographique et Écologique des Forêts de Cantanhez (Région de Tombali, Guiné-Bissau)*. Cadernos do Meio Ambiente nº 1, Acção para o Desenvolvimento, Bissau. 95 pp.

MANAFÁ, B; Semedo, S.; Vieira, R.; Silva, V. B.; Costa, M. C. (2005). *Guiné Bissau em números*. Nova Gráfica Ltda., Bissau, 1.ed. República Guiné-Bissau. 43 pp.

MARQUÍNEZ, J., LASTRA, J. & GARCIA, P. (2003). Estimation models for precipitation in mountainous regions: the use of GIS and multivariate analysis. *Journal of Hydrology*, **270**:1-11.

MATOS, B. (2001). *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo*. Tese de Doutorado. USP/ Instituto de Geociências. São Paulo – SP. 114p. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-19122001-082301/pt-br.php>

MATOS, J., PROENÇA DE OLIVEIRA, R., VEIGA DA CUNHA, L., GUERREIRO DE BRITO, A., MELO BAPTISTA, J., FERREIRA DOS SANTOS, R., BETÂMIO DE ALMEIDA, A., *et al.* (2009). *Relatório do 5º Fórum Mundial da Água*.

MEDINA, L. (2000). Uso de filtros lentos para el tratamiento de agua a nível domiciliário. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, **23**(1): 44-49. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd19/collazo/usodfilt.pdf>

MELLO, C., VIOLA, M., MELLO, J. & SILVA, V. (2008). Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, **32**: 532-539. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542008000200029&script=sci_abstract&tlng=pt

MADIGAN, M., MARTINKO, J., DUNLAP, P. & CLARK, D. (2009). Microbiologia de Brock. Tradução de Andreia Queiroz Maranhão (et al) 11ª ed. Porto Alegre: Artmed.

MIGUEL, A. (2007). *Aplicação da técnica de PCR na pesquisa de bactérias patogénicas em biofilmes de condutas e reservatórios de água do sistema de distribuição da EPAL*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biológica; Instituto Superior Técnico (Universidade Técnica de Lisboa).

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137425862/Tese.pdf>

MILLON, M. (2004). *Águas subterrâneas e política de recursos hídricos. Estudo de caso: Campeche, Florianópolis, SC*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 101pp. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87336>

MRNA (2008). *Quadro Nacional da Biotecnologia e Biosegurança da Guiné-Bissau*. MINISTÉRIO DOS RECURSOS NATURAIS E DO AMBIENTE. Guiné-Bissau. 27pp.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE (2005). *Relatório de avaliação das áreas protegidas da Guiné-Bissau*. Gabinete de Planificação Costeira. Bissau.

MURTHA, N. & HELLER L. (1999). *Avaliação da Eficiência da Filtração Lenta em Areia Segundo a Profundidade do Leito Filtrante*. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. II – 043, pp. 1280 – 1289. ABES, Brasil.

MURTHA, N. & HELLER, L. (2003). Avaliação da influência de parâmetros de projeto e das características da água bruta no comportamento de filtros lentos de areia. Artigo Técnico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **8** (4):257- 267.

<https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v8n4/v8n4a05.pdf>

NEVES, I. (1987). Estudo da eficiência de remoção de microrganismos na filtração lenta de águas de abastecimento. São Carlos. 140p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1987.

NOGUEIRA, A. (2007). *Qualidade microbiológica e química das águas de consumo humano do Distrito de Bragança*. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro. <http://ria.ua.pt/handle/10773/3090>

OLIVEIRA, E. (2011) Avaliação da Qualidade da Água Consumida na UnUCET/UEG Anápolis, Campus Henrique Santillo. Trabalho de Conclusão de Curso de Química Licenciatura da Universidade Estadual de Goiás, Brasil.

OLIVEIRA, W., NOGAMI, P. & MARTINS, J. (1978). *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. CETESB. S. Paulo, Brasil. 549 PP..

ONU. (2010). Objectivo de desenvolvimento do milénio 7. Acedido em 1de março de 2012 em <http://www.unric.org/pt/objectivos-dedesenvolvimento-do-milenio-actualidade/27671>.

OPAS (2007). Publicação Científica e Técnica, n. 622. Organização Pan-Americana da Saúde nas Américas. Washington, D.C.

PANA, (2007). Programa de Acção Nacional às Adaptações PANA/NAPA, DGA/MRNA, Guiné-Bissau.

PARIS, P. (1993). Liste des espèces d’oiseaux inventoriées dans l’Archipel des Bijagós. Plan. Costeira, Bubaque, Guiné-Bissau.

PATERNIANI, J. & ROSTON. D. (2003). Tecnologias para tratamento e reuso da água no meio rural. In: HAMADA, E. (ed.) *Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios*. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna.

PELEGRINI, N. (2006). *Sistema de filtração lenta no tratamento de percolado do aterro sanitário de Limeira-SP*. Dissertação de Mestrado submetida à Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil.

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257157/1/Pelegri%20NubiaNataliadeBrito_M.pdf

PÉLISSIER, R., (2001). *História da Guiné: Portugueses e Africanos na Senegâmbia, 1841-1936*, Volume I e II, 2ª edição, Editorial Estampa, Lisboa, Portugal.

PERALTA, C. (2005). Remoção do indicador *Clostridium perfringens* e de Oocistos de *Cryptosporidium parvum* por meio de filtração lenta – Avaliação em escala piloto. Dissertação de Mestrado, UnB, Brasília, DF, Brasil.

http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=144328

PEREIRA, R. (2004). Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. IPH- UFRGS. **1**(1):20-36.

<http://WWW.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>

PIZZOLATTI, B. (2010) Estudos de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, 2010.

PNGA (2004). Plano Nacional de Gestão Ambiental Guiné-Bissau

PNUD (2006). *Relatório de Desenvolvimento Humano de 2006*

<http://www.pnud.org.br/arquivos/rdh/rdh2010/rdh2010.zip>.

PNUD (2015) Relatório do Desenvolvimento Humano de 2015

POERSCH, F. (2012) Sistema de Filtros Lentos Descendentes com Retrolavagem sem Reservatório Elevado. Trabalho de conclusão do curso apresentado pela Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/124861>

POSTEL, S. (1999). *Pillars of Sand: Can the Irrigation Miracle Last?* W. W. Norton and Company, New York.

PRÜSS, A., KAY, D., FEWTRELL, L. & BARTRAM, J. (2002). Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. *Environmental Health Perspectives*, **110** (51):537-542. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240845/>

PYPER, G. & LOGSDON, G. (1991). Slow sand filter design, In Logsdon, G. S. *Slow sand filtration*. Report to Committee on Slow Sand Filtration, New York: American Society of Civil Engineers, Vol. 1 Chapt.5. p122-148

RIBEIRO, M., LOURNCETTI, C., PEREIRA, S. & MARCHI, M. (2007). Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. *Química Nova*, 30(3): 688-694. http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No3_688_30-DV06032.pdf

RIWRB (2009). *A brief history of drinking water*. Rhode Island Water Resources Board. <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/2061/30/9-embalo.pdf>

ROQUE, O. (1997). *Sistemas Alternativas de Tratamento de Esgotos Aplicáveis às Condições Brasileiras* – Tese de Doutorado em Saúde Pública, FIOCRUZ – Rio de Janeiro, 153 pp.

SA, (2005). Acordo da subregião no ambiente do programa PRCM (Programa Regional de Conservação Marinha), Secretaria do Ambiente, Guiné Bissau.

SÁ, J. (2006). Influência das características da camada filtrante e da taxa de filtração na eficiência de remoção de *Microcystis aeruginosa* e microcistina na filtração lenta em areia. Tese de Doutorado. Universidade De Brasília, Brasil. http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3167/1/2006_Jazielli%20Carvalho%20S%C3%A11.pdf

SÁNCHEZ, L., LATORRE, J. & GALVIS, G. (1999). *Comportamiento de la población de algas y protozoos después de la limpieza de la biomembrana en un filtro lento en arena*. In Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Rio de Janeiro, Brasil

SANTOS, M. V. C. SILVA, J. L, FERREIRA, I.V.L., FREIRE, C.C (2007), Diagnóstico da qualidade das águas subterrânea nas proximidades do cemiterio nas partes baixas da cidade de Maceió – AL. In: Congresso Brasileira de Engenharia Sanitaria Ambiental, 24, Belo Horizonte, Brasil.

SCURACCHIO, P. (2010). Qualidade da Água Utilizada Para Consumo em Escolas no Município de São Carlos - SP, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Araraquara/São Paulo, Brasil. <http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/PaolaAndressaScuracchioME.pdf>

SEAT (2012). Relatório Nacional da Guiné-Bissau à Cimeira Mundial Sobre o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, Maio 2012. Secretaria de Estado do Ambiente e Turismo. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/977guineabissau.pdf>

SILVA, A & LOPES, R (2004). Comunicação Nacional Inicial da Guiné-Bissau sobre as Mudanças Climáticas. DGA. Bissau. 154 P.

SILVA, R. & ARAÚJO, T. (2003). Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). *Ciência & Saúde Coletiva*, **8**(4):1019-1028,

SMULDERS, S. & BRETSCHE, L. (2000). *Explaining Environmental Kuznets Curves: How Pollution Induced Policy and New Technology*. Tilburg University Center Working Paper no. 2000-95. <https://pure.uvt.nl/ws/files/536997/95.pdf>

SYLLA, (2002); Evaluation de la pauvreté en Guiné-Bissau (2001-2002). Bissau. World Bank. 2006. *Guiné-Bissau: Integrated Poverty and Social Assessment (IPSA)*. Report n° 34553-GW.

SYLLA, (2010) Consultor do Banco Mundial: Avaliação da pobreza, Bissau, p.20/22

STANIN, F & PIRNIE, M (2005). The transport and fate of chromium (VI) in the environment. In: Guertin, J., Jacobs, J. & Avakian, C. (eds.) *Cr (VI) Handbook*. New York: CRC Press. Cap. 5. p. 156-214.

TEIXEIRA, A. (1962). Os Solos da Guiné Portuguesa – Carta Geral, Características, Formação e Utilização. Lisboa. 397pp.

TIMMS, S., SLADE, J.S. AND FRICKER, C.R. (1995), Removal of *Cryptosporidium* by slow sand filtration, *Water Science and Technology*, **31**(5-6):81-84.

[https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00245-I](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00245-I)

TUNDISI, G. (2003). *Recursos Hídricos*. Instituto Internacional de Ecologia São Carlos-São Paulo, Brasil.

TOMAZ, P. (2009) Filtros lentos de areia intermitente e descendente. *In* Tomaz (2009) *Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis*. Capítulo 15.

http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov_aguadechuva/Capitulo15.pdf

UEMOA/CEDEAO (2005) sobre Energia - Une politique régionale de la CEDEAO pour atteindre les OMD, 16 pp.

UICN/MDRA-DGFC, (1993) Proposta para a criação de um Parque Nacional de ilhas de Orango - Arquipélago dos Bijagos, Guiné-Bissau. Bubaque, 1993.

UNESCO. (1992). Ground Water. UNESCO Environment and Development Briefs. Paris. 16 pp. <http://unesdoc.unesco.org/images/0009/000914/091435eb.pdf>

UNESCO & WWAP. (2003). Water for People Water for Life - Executive Summary. Water.

UNFPA (2007). *Situação da população mundial 2007- Desencadeando o Potencial do Crescimento Urbano*. Fundo de População das Nações Unidas Disponível em: <http://www.unfpa.org.br/novo/index.php> Acesso em : 05 mar. 2011.

UNICEF / WHO. (2012). *Progress on Drinking Water and Sanitation. Update*. UNICEF and World Health Organization. Printed in USA.

<https://www.unicef.org/media/files/JMPreport2012.pdf>

UNITED NATIONS WORLD WATER DEVELOPMENT REPORT (2003). *The 1st UN World Water Development Report: Water for People, Water for Life*. UN WWAP - United Nations World Water Assessment Programme. Acedido em 2 de fevereiro de 2012 em <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/>.

UN-WATER (2011). Statistics: Graphs and Maps. Acedido em 5 de março de 2012, em http://www.unwater.org/statistics_urb.html

USGS (2006) Mineral Commodity Summaries, January 2006 U.S. GEOLOGICAL SURVEY, U.S. Department of the Interior, Washington, DC.,USA.

<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2006/mcs2006.pdf>

USEPA (2000). *The history of drinking water treatment*. United States Environmental Protection Agency EPA 816-F-00-006, Office of Water Washington, D.C., USA.

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1002SMN.PDF?Dockey=P1002SMN.PDF>

USEPA (2004). Estimated Per Capita Water Ingestion in the United States U.S. Environmental Protection Agency.

https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/download/reference_id/7304

VAN DIJK, J. & OOMEN, J. (1978). *Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Água en Países en Desarrollo. Manual de Diseño y Construcción*. Documento Técnico nº 11. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua de la OMS. Haya, Países Baixos. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/255.1-78FI-18897.pdf>

VARESCHE, M. (1989). *Estudo sobre a interferência de algas no sistema de filtração lenta em areia*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos. 417pp.

VISSCHER, J. (1990). Slow sand filtration: Design, operation and Maintenance, *Journal of the American Water Works Association* **82** (6):67-71.

VISSCHER, J., GALVIS, G. & FERNANDEZ M. (1986) Slow sand filtration back in business, *Journal of the American Water Works Association* **78**(12): 92-94.

VON SPERLING, M. (1996), *Introdução à Qualidade de Águas e ao Tratamento de Esgotos (vol 1)*. 2 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. 243 pp.

WEGELIN, M., INNGALLINELLA, A. & STECCA, L. (1996). *Filtración gruesa ascendente en manto de grava-Rehabilitación de la etapa previa a los filtros lentos de la planta potabilizadora de Tarata, Bolivia*. Anais da Conferência Internacional *Mejoramiento de la Calidad del Agua*, Santiago de Cali, 30 de abril a 4 de maio, Colômbia.

WHO (2006a). *Protecting Groundwater for Health Managing the Quality of Drinking-water Sources*. Edited by Oliver Schmoll, Guy Howard, John Chilton and Ingrid Chorus. World Health Organization London, Seattle: IWA.. 663 pp. ISBN 92 4 154668 9.

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/PGWsection1.pdf

WHO (2006b). *Guidelines for drinking-water quality: first addendum to third edition - Recommendations*. Vol. 1. 3 Ed. WORLD HEALTH ORGANIZATION, Genebra, Suíça. 515 pp. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf

WHO (2011). Global Health Observatory Data Repository. Retrieved March 4, 2012, from <http://apps.who.int/ghodata/>

WHO (2012). Global Health Observatory. Página acessada em 5 de março de 2012. http://www.who.int/gho/mdg/environmental_sustainability/water_text/en/

WHO/UNICEF (2010). *Progress on Sanitation and Drinkingwater: Update*. World Health Organization and United Nations Children's Fund Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP). UNICEF, New York and WHO, Genebra, Suíça. <https://www.unicef.org/eapro/JMP-2010Final.pdf>

WMO (1997). *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*. World Meteorological Organization Genebra, Suíça. <https://www.ircwash.org/resources/comprehensive-assessment-freshwater-resources-world>

YACTAYO, V., (2004). Capítulo 9: Filtración – In VARGAS, L. (coord) *Tratamiento del agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida- Manual I - Teoría tomo II.* pp. 83-152. CEPIS. Lima. <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>.

YASSUDA, E. & NOGAMI, P. (1987). Captação de Água Subterrânea. In AZEVEDO NETTO, J. (org.) *Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água*, CETESBAS/CETESB, 2 ed., Capítulo 5, pp. 135-204, São Paulo, Brasil.

