



Mariana Lagoa Duque Simões

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Instalações comunitárias de abastecimento de
água e saneamento em zonas rurais e periurbanas
de países em vias de desenvolvimento**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia Sanitária

Orientador: Professor Doutor Pedro Manuel da Hora
Santos Coelho, Professor Auxiliar, Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

Arguente: Prof. Doutor António José Guerreiro de Brito

Vogais: Eng.^o Eugénio José Fernandes Santiago

Prof. Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho



Março de 2018



Mariana Lagoa Duque Simões

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Instalações comunitárias de abastecimento de
água e saneamento em zonas rurais e periurbanas
de países em vias de desenvolvimento**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia Sanitária

Orientador: Professor Doutor Pedro Manuel da Hora
Santos Coelho, Professor Auxiliar, Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Leonor Miranda Monteiro do Amaral

Arguente: Prof. Doutor António José Guerreiro de Brito

Vogais: Eng.^o Eugénio José Fernandes Santiago

Prof. Doutor Pedro Manuel da Hora Santos Coelho



Março de 2018

Instalações comunitárias de abastecimento de água e saneamento em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento

© Copyright, 2018, Mariana Lagoa Duque Simões, Faculdade de Ciências e Tecnologia e Universidade Nova de Lisboa. Todos os direitos reservados.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a 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.

*“Making the simple complicated is commonplace,
making the complicated simple, awesomely simple,
that’s creativity.”*

Charles Mingus (músico e activista)

Agradecimentos

Ao professor Pedro por me ter orientado, não só nestes últimos seis meses de dissertação mas ao longo de todo o meu percurso académico. Pelo apoio, pelo carinho, pela paciência e por ter a capacidade única de me incitar a ser criativa ao mesmo tempo que me ajuda a manter os pés assentes na Terra.

Aos restantes docentes do DCEA, em especial à professora Leonor Amaral pelos conhecimentos e conselhos transmitidos ao longo destes cinco anos e pela sua enorme dedicação aos alunos. Agradeço em especial a ajuda à concepção do modelo de produção de biogás apresentado nesta dissertação.

Aos Engenheiros Georgios Xenaki, Rita Marteleira, Lara Espirito-Santo, Raquel Sousa e Edite Rodrigues e aos Doutores Denilson Teixeira, Manuel Almeida e Laura Korčulanin por terem aceite partilhar os seus testemunhos comigo.

Ao André por ser o meu maior crítico e o meu maior apoiante, pelo amor, paciência e por saber lidar bem com as minhas crises de ansiedade.

Aos meus pais por terem patrocinado o meu percurso académico. Pelos valores e pela educação. Pelo amor e compreensão. Um obrigado especial ao meu pai, por me ter ajudado a construir o protótipo.

Aos artistas da família, a minha irmã e o meu cunhado pelas injeções de criatividade e por torcerem sempre por mim.

Aos meus sobrinhos, pela inspiração, pelas brincadeiras e pela vontade de ser mais e melhor.

Ao Marquês, o meu fiel amigo de quatro patas que me cedeu gentilmente um dos seus “presentes” para a execução dos testes de viabilidade do protótipo.

À Diana e ao Rafa pelos ataques de riso que animavam as noites mal dormidas dedicadas ao estudo.

Ao meu pai adoptivo de faculdade e eterno Sr. Presidente João Galego.

À Inês, Rita, Sofia, Joana, Fachadas, ao Carrilho, Gouveia, Zé Manuel, Nunes, Gonçalo e Bruno pela amizade e companheirismo. Os amigos que a FCT me trouxe e que levo para a vida.

Obrigada FCT. Foi uma honra.

Resumo

Nesta dissertação aborda-se a viabilidade da implementação de instalações comunitárias destinadas ao fornecimento de água potável e à recolha e tratamento de águas residuais, produzidas por comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento.

Foi construído um protótipo para aferir se a hipótese de recorrer a módulos de membranas de osmose inversa com um mecanismo manual de bombagem de água seria viável para assegurar o fornecimento de água potável adequada ao consumo humano. Concluiu-se, através da realização de análises laboratoriais microbiológicas que as funções de filtração e de desinfecção são eficientes. No entanto como seria esperado, os resultados das análises físico-químicas comprovaram a ocorrência de uma desmineralização da água posterior à filtração. Este tipo de solução só é viável como solução domiciliar, sendo apenas adequada à recolha de quantidades de água moderadas (p. ex. para beber, cozinhar, lavagem de mãos). Todas as tarefas que exijam maiores quantidades de água (p. ex. duchas) exigem módulos de membranas de grandes capacidades que requerem pressões de operação demasiado elevadas, que não se conseguem atingir através de bombas manuais.

No que concerne à gestão das águas residuais analisou-se a hipótese de implementar um processo de digestão anaeróbia do efluente bruto produzido pela comunidade. Para tal procedeu-se à construção de um modelo sustentado por bibliografia recorrendo à ferramenta *Microsoft Excel*. O modelo estima a quantidade de biogás produzido com base na população e na quantidade de animais de criação existentes. A temperatura e a localização geográfica são factores considerados pelo modelo, que influenciam a quantidade de biogás gerado. O modelo compara, posteriormente, este resultado com as necessidades energéticas da comunidade e das instalações comunitárias abordadas neste trabalho.

O biogás gerado através do processo de digestão anaeróbia pode e deve ser utilizado para o fornecimento de energia a uma cozinha comunitária e/ou para a auto-suficiência energética das instalações comunitárias construídas, permitindo assim o funcionamento automático de bombas de elevação e de distribuição de água potável às instalações comunitárias, contribuindo não só para a facilidade da utilização e captação de água como também para a igualdade de géneros.

Um dos grandes objectivos deste trabalho visa a abrangência das soluções propostas às diversas regiões do globo. Neste âmbito realizaram-se entrevistas a actores-chave provenientes de diversas áreas de formação e a profissionais com experiências de campo dentro do contexto abordado por esta dissertação. Porém estudaram-se com mais pormenor dois casos de estudo – uma aldeia rural no Bangladesh e um musseque no Quênia – com vista à obtenção de resultados mais fiáveis.

Palavras-chave: comunidades rurais, comunidades periurbanas, países em desenvolvimento, digestão anaeróbia, biogás, tecnologia de membranas

Abstract

This dissertation addresses the feasibility of implementing community facilities for the provision of drinking water and the collection and treatment of wastewater produced by rural and peri-urban communities in developing countries.

A prototype was built to discover if the hypothesis of using reverse osmosis membrane modules with a manual pumping mechanism would be viable to ensure the supply of drinking water suitable for human consumption. It was concluded, through the performance of microbiological laboratory tests, that the filtration and disinfection functions of this system are efficient. However, as expected, the results of the physicochemical analyses confirmed that the water is demineralized after filtration. It was concluded that this type of solution is only practicable as a household solution and is only suitable for collecting moderate amounts of water (eg for drinking, cooking, washing hands). All tasks demanding larger quantities of water (eg showers) require large capacity membrane modules which in turn requires high operating pressures, that cannot be achieved by hand pumps.

Regarding wastewater management, the implementation of an anaerobic digestion process of the raw effluent produced by the community was studied. For this a model supported by bibliography was constructed using the *Microsoft Excel* tool. The model estimates the amount of biogas produced based on the population and on the number of farmed animals. Temperature and geographic location are factors considered by the model, which influence the amount of biogas generated. The model then compares this result with energy requirements of the community and community facilities addressed in this work.

The biogas generated through the anaerobic digestion process can and should be used to supply energy to a communal kitchen and/or energy self-sufficiency of the constructed community facilities, therefore allowing the automatic operation of pumps for lifting and distributing drinking water to community facilities, contributing not only to the ease of use and collection of water but also to pursuit gender equality.

One of the main objectives of this work is the comprehensiveness of the proposed solutions to the different regions of the globe. In this context, interviews were carried out with key-actors from different academic and professional areas with field experience in the context addressed by this dissertation. However, two case studies - a rural village in Bangladesh and a slum in Kenya - were studied in more detail for more reliable results.

Keywords: rural communities, peri-urban communities, developing countries, anaerobic digestion, biogas, membrane technology

Índice Geral

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Estrutura da dissertação	2
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. Enquadramento.....	3
2.2. Objectivos de desenvolvimento do milénio	4
2.3. Caracterização do sector das águas de abastecimento a nível mundial.....	5
2.4. Escassez de água – caracterização do problema e zonas do globo mais afectadas ..	9
2.5. Tratamento e distribuição de águas de abastecimento em países em vias de desenvolvimento.....	11
2.5.1. Enquadramento.....	11
2.5.2. Soluções e iniciativas existentes.....	12
2.6. Saneamento e tratamento de águas residuais em países em vias de desenvolvimento	17
2.6.1. Enquadramento.....	17
2.6.2. Soluções e iniciativas existentes.....	18
2.7. Principais obstáculos à gestão da água de abastecimento e da água residual em países em vias de desenvolvimento	25
2.8. Saúde pública.....	26
2.9. Aspectos culturais e religiosos	27
2.9.1. Enquadramento.....	27
2.9.2. Cristianismo.....	28
2.9.3. Islamismo	28
2.9.4. Hinduísmo	29
2.10. Economia da água.....	30
2.10.1. Enquadramento do valor económico dos Serviços dos Ecossistemas.....	30
2.10.2. Valor económico da água.....	31
2.10.3. Preço da água	32
2.11. Conceitos relevantes.....	33

3. Metodologia	35
3.1. Enquadramento	35
3.2. Desenvolvimento do protótipo de filtração de água	37
3.3. Desenvolvimento do modelo de produção de biogás	40
3.3.1. Cálculos associados à construção do modelo	42
4. Critérios e limitações para a implementação da instalação	45
4.1. Enquadramento	45
4.2. Principais limitações socioeconómicas, culturais, religiosas e locais	45
4.2.1. Limitações socioeconómicas	45
4.2.2. Limitações culturais e religiosas	49
4.3. Limitações locais	51
4.3.1. Enquadramento climático	51
4.3.2. Disponibilidade de recursos hídricos	54
4.3.3. Qualidade da água	57
4.3.4. Enquadramento Geográfico	61
4.4. Critérios definidos para a implementação da instalação sanitária	62
5. Entrevistas com actores-chave	63
5.1. Enquadramento	63
5.2. Caracterização dos entrevistados	64
5.3. Resultados das entrevistas	66
5.3.1. Necessidades das comunidades rurais e periurbanas	66
5.3.2. Limitações culturais	68
5.3.3. Limitações da instalação e perspectivas de futuro	69
6. Instalação sanitária	71
6.1. Enquadramento	71
6.2. Componentes da instalação	71
6.2.1. Bases conceptuais	71
6.2.2. Digestor Anaeróbio	73
6.2.3. Filtração de água	73
6.3. Casos de estudo	76
6.3.1. Caso de Estudo 1: Aldeia no Bangladesh (zona rural)	76

6.3.2.	Caso de Estudo 2: Musseque no Quénia (zona periurbana)	78
6.4.	Custos de investimento e manutenção	81
6.5.	Recomendações.....	82
7.	Conclusões e perspectivas de desenvolvimentos futuros	83
7.1.	Conclusões.....	83
7.2.	Perspectivas de desenvolvimentos futuros	84
	Referências bibliográficas	87
	Anexos	95

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Objectivos de Desenvolvimento do Milénio definidos pela ONU – Agenda de 2015 .	4
Figura 2.2 - Objectivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU – Agenda de 2030	4
Figura 2.3 – Quantidades de água disponibilizada para os diferentes usos (Agricultura, Indústria e Uso doméstico) por continente e no Mundo, 2015	6
Figura 2.4 - Disparidades no acesso a água potável entre os meios rural e urbano, 2006	7
Figura 2.5 – Distribuição global da existência de sistemas de abastecimento de água adequado em zonas urbanas (A) e rurais (B), 2006	8
Figura 2.6 - Distribuição global da existência de sistemas de abastecimento de água adequado, 2015	8
Figura 2.7 - Escassez média mensal anual de água potável, 2015	10
Figura 2.8 – Fontes de água potável usadas pela população mundial (A), urbana (B) e rural (C) e escada invertida da água potável no mundo, urbana e rural (D), 2015	11
Figura 2.9 – Descrição do procedimento utilizado no método SODIS	12
Figura 2.10 – Filtro de areia doméstico	14
Figura 2.11 – Filtro de areia doméstico no Nepal	14
Figura 2.12 – Filtro de cerâmica doméstico	14
Figura 2.13 – Filtro de cerâmica doméstico em Orissa, Índia	14
Figura 2.14 – Remoção microbiológica pelo SODIS, filtro de areia, filtro de cerâmica e cloração	15
Figura 2.15 – Intervalos de operação das membranas de Osmose Inversa (RO), Nanofiltração (NF), Ultrafiltração (UF) e Microfiltração (MF)	16
Figura 2.16 -Módulo de membranas orgânicas em folha	17
Figura 2.17 – Distribuição da população mundial (em %) pelo tipo de saneamento praticado..	17
Figura 2.18 - Disposição global da existência de sistemas de saneamento de águas residuais adequados, 2015	18
Figura 2.19 – Constituição de um leito de macrófitas	19
Figura 2.20 – Representação esquemática de um reactor UASB (Upflow anaerobic sludge blanket)	21
Figura 2.21 – Digestor de fluxo pistão em Belize	22
Figura 2.22 – Representação esquemática do digestor de cúpula fixa Chinês	22
Figura 2.23 - Representação esquemática do digestor de tambor flutuante Indiano	23
Figura 2.24 – Religiões mais praticadas no mundo (gráfico à esquerda) e quantidade de praticantes por religião (gráfico à direita), 2015	27
Figura 2.25 – Representação da hierarquia de castas praticada pelos hindus	29
Figura 2.26 - Discrepâncias entre o preço de 50 litros de água em cinco zonas diferentes: Papua Nova Guiné, Madagáscar, Gana, Moçambique e Reino Unido	33

Figura 3.1 - Metodologia adoptada para o desenvolvimento da dissertação	35
Figura 3.2 – Protótipo de sistema de filtração de água para consumo.....	38
Figura 3.3 – Módulo de membranas de osmose inversa de 75 GPD (aproximadamente 12 L/h) utilizado no processo de filtração de água	38
Figura 3.4 – Amostra de efluente bruto utilizado na realização dos testes de qualidade do processo de filtração de água	39
Figura 3.5 – Amostras de efluente bruto (à esquerda) e de efluente tratado (à direita) enviadas para laboratório	39
Figura 3.6 - Fluxograma da construção do modelo de previsão de produção de biogás e dimensionamento do digestor anaeróbio	41
Figura 4.1 – Distribuição do índice de desenvolvimento humano no mundo em 2016	47
Figura 4.2 -- Distribuição do índice de pobreza multidimensional em países em vias de desenvolvimento em 2016	49
Figura 4.3 – Resultados das medições de temperatura da superfície terrestre obtidos pelo MODIS para os meses de março (A), junho (B), setembro (C) e dezembro (D) de 2016	53
Figura 4.4 – Divisão de zonas climáticas do planeta Terra	54
Figura 4.5 – Mapa da distribuição mundial dos rios através do caudal médio (em galões por segundo) entre 1961 e 1990	55
Figura 4.6 – Mapa mundial da distribuição das fontes de água subterrâneas e da sua capacidade de recarga	56
Figura 4.7 – Zonas do mundo em que a implementação da instalação sanitária poderá ser viável, tendo em conta os factores temperatura, disponibilidade de água e situação económica	62
Figura 5.1 - Áreas de formação académica dos actores-chave	64
Figura 5.2 - Instituições e organizações a que os actores-chave estão associados.....	65
Figura 5.3 – Experiência de campo dos actores-chave	65
Figura 6.1 – Localização geográfica do caso de estudo 1	76
Figura 6.2 – Localização geográfica do caso de estudo 2.....	78

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Regimes de escassez de água	9
Tabela 2.2 – Vantagens e desvantagens dos digestores de cúpula fixa, de tambor flutuante, de fluxo e UASB	24
Tabela 2.3 – Classificação das doenças associadas à água, saneamento e higiene.....	26
Tabela 4.1 - Indicadores utilizados para o cálculo do índice de desenvolvimento humano	46
Tabela 4.2 - Indicadores utilizados para o cálculo do índice de pobreza multidimensional e critérios utilizados para determinar existência de privação	48
Tabela 4.3 – Indicadores aconselhados pela OMS para realizar o controlo microbiológico do efluente tratado consoante o tipo de monitorização a que se aplicam	59
Tabela 4.4 – Actividades envolvidas na contaminação química de origens de água e exemplos de fontes de contaminação	60
Tabela 4.5 – Critérios para selecção de comunidades em que a implementação da instalação sanitária em estudo poderá ser viável	62
Tabela 6.1 – Características dos módulos de membranas de osmose inversa de 75 GPD e 4040 GPD.....	74
Tabela 6.2 – Resultados das análises microbiológicas ao efluente bruto e ao efluente tratado e respectivos valores recomendados e paramétricos.....	75
Tabela 6.3 - Resultados das análises físico-químicas ao efluente bruto e ao efluente tratado e respectivos valores recomendados e paramétricos.....	75
Tabela 6.4 - Inputs inseridos no modelo para o caso de estudo 1	77
Tabela 6.5 - Resultados obtidos pelo modelo para o caso de estudo 1	77
Tabela 6.6 - Inputs inseridos no modelo para o caso de estudo 2	79
Tabela 6.7 - Resultados obtidos pelo modelo para o caso de estudo 2	80

Simbologia

CCDRC – Comissão de coordenação e desenvolvimento regional do centro

CENSE – Centro de Investigação em Ambiente e Sustentabilidade

CLTS – *Community-Led Total Sanitation*

EPA – *Environmental Protection Agency*

ETA – Estação de tratamento de águas

ETAR – Estação de tratamento de águas residuais

FCT-UNL – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

GPD – Galões por dia (1 galão corresponde a 3,785 L)

IADE – Instituto de Artes Visuais, Design e Marketing

JMP – *Joint Monitoring Programme, OMS-UNICEF*

MODIS – *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NEO – *NASA Earth Observations*

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ODM – Objectivos de Desenvolvimento do Milénio

ODS – Objectivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Polietileno

PES – *Payments for Ecological Services*

PET – Politereftalato de etileno

PVC – Policloreto de vinilo

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SODIS – *Solar Disinfection*

SST – Sólidos suspensos totais

SSV – Sólidos suspensos voláteis

TESE sem fronteiras – Associação para o desenvolvimento

UASB – *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*

UNDP – *United Nations Development Programme*

UNEP – *United Nations Environmental Program*

UNICEF – *Fundo das Nações Unidas para a infância*

UV – *Ultravioleta*

UV-A – *Ultravioleta A*

UV-B – *Ultravioleta B*

WASH – *Water, Sanitation and Hygiene*

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O acesso a água potável e saneamento é um direito humano básico e essencial para a saúde (Gorchev e Ozolins, 2011; UNICEF e WHO, 2017). No entanto, a disponibilidade de água varia muito consoante a zona do globo e o país, bem como a sua qualidade, que nem sempre é adequada ao consumo humano. Isto ocorre especialmente em países em vias de desenvolvimento, onde o acesso a água potável é bastante limitado (Pandit e Kumar, 2015).

O conceito de água potável varia de país para país, sendo por vezes, desvalorizada a presença de poluentes químicos, orgânicos ou bacteriológicos (Akpabio, 2012; Gorchev e Ozolins, 2011). Numa tentativa de uniformizar este conceito, protegendo simultaneamente a saúde pública, surgiu o documento *Guidelines for Drinking-water Quality* produzido pela OMS (Pruss et al., 2002).

Em 2015, segundo a OMS, cerca de 844 milhões de pessoas ainda não tinham acesso a um serviço básico de abastecimento de água potável, enquanto 263 milhões de pessoas tinham de caminhar pelo menos 30 minutos para aceder a uma fonte de água melhorada. Cerca de 2,3 mil milhões de pessoas não tinham acesso a um serviço básico de saneamento e 892 milhões de pessoas ainda praticavam defecação ao ar livre (UNICEF e WHO, 2017).

Com o culminar da Agenda de 2015, a ONU apresentou um conjunto de 17 objectivos para atingir o desenvolvimento sustentável até 2030. Um deles passa por assegurar a gestão sustentável da água e a existência de saneamento para todos (UN, 2016). Apesar dos progressos significativos na gestão da água e no saneamento, ainda existe um longo caminho a percorrer, com especial destaque para as zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento (UNESCO, 2017; UNICEF e WHO, 2017).

O abastecimento de água e o saneamento são questões que para além da componente técnica e de gestão, atingem um contexto mais amplo, envolvendo factores culturais e religiosos. Muitas vezes estes factores podem dificultar a aceitação de equipamentos e instalações mais modernas, seguras e adequadas (Akpabio, 2012; Akpabio e Subramanian, 2012; Uddin et al., 2014). Desta forma, os factores culturais e religiosos dos grandes grupos populacionais terão um peso significativo no desenvolvimento deste trabalho.

Existem já diversos estudos e projectos que visam facilitar o abastecimento de água potável e o saneamento de águas residuais em zonas rurais de países em desenvolvimento. Contudo, existem poucas soluções que ofereçam simultaneamente resposta à falta de qualidade da água potável, bem como ao saneamento e ao tratamento das águas residuais, sem descurar a importância de um custo de investimento relativamente baixo e da aceitabilidade das diversas comunidades. Aqui nasce o desafio de desenvolver uma instalação funcional, simples do ponto de vista da engenharia e com todas as características acima enunciadas.

1.2. Objectivos

Esta dissertação tem como principal objectivo a melhoria da qualidade de vida das populações rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, através do estudo e concepção de uma instalação destinada ao fornecimento de água potável segura e à recolha e tratamento de águas residuais produzidas por estas comunidades. Para além dos serviços anteriormente mencionados, pretende-se ainda que faça parte do leque de funções da instalação, o aproveitamento de biogás para alimentação de uma cozinha comunitária ou para conversão de biogás em energia eléctrica.

Espera-se que a instalação seja tão abrangente, quanto possível às diversas culturas, religiões e zonas do globo.

1.3. Estrutura da dissertação

O presente trabalho está organizado em sete capítulos, que se apresentam em seguida.

O primeiro capítulo é introdutório, contendo um breve enquadramento da temática, a exposição dos principais objectivos do estudo e a apresentação da estrutura do documento.

O segundo capítulo suporta uma revisão bibliográfica, onde se encontram as informações mais relevantes, sustentadas pela bibliografia consultada, para o desenvolvimento da presente dissertação. Neste capítulo aborda-se a problemática da escassez de água e referem-se os principais obstáculos à gestão de água a nível global, com especial foco nas zonas rurais e periurbanas dos países em vias de desenvolvimento. É realizada também uma breve referência ao valor económico da água e às limitações socioeconómicas, culturais e religiosas que geram resistência, por parte de alguns grupos populacionais, a soluções já existentes.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia, em que são explicitadas as fases de trabalho seguidas para o desenvolvimento da instalação.

O quarto capítulo consiste na exposição dos critérios e das limitações definidas com base em indicadores utilizados pelas Nações Unidas, para o desenvolvimento da instalação.

No quinto capítulo são expostas e analisadas as informações obtidas através de entrevistas realizadas a um conjunto de actores-chave, com conhecimento e experiência relevante para o trabalho desenvolvido.

O sexto capítulo debruça-se sobre o desenvolvimento da instalação, nomeadamente sobre os aspectos técnicos da sua concepção. São referidas ainda algumas recomendações de implementação.

Por último surge o sétimo e último capítulo com as principais conclusões retiradas a partir do estudo desenvolvido e com a apresentação de perspectivas de trabalho futuro.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Enquadramento

A agenda de 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, elaborada pelas Nações Unidas, tem em vista o cumprimento de 17 objectivos que integram a dimensão social, económica e ambiental do desenvolvimento sustentável (UN, 2016; UNDP, 2018b).

Apesar dos progressos atingidos nos últimos anos, ainda existem graves problemas relacionados com o abastecimento de água potável e com o saneamento de águas residuais em diversas partes do globo, especialmente nas zonas rurais e periurbanas dos países em vias de desenvolvimento (UNESCO, 2017; Wiggins e Proctor, 2001). Estes problemas devem-se em grande parte à fraca alocação de fundos para o sector da água, por parte dos governos dos países em vias de desenvolvimento (WaterAid, 2016).

A inexistência de serviços de abastecimento de água e de saneamento adequados conduz, não só à degradação da saúde da população devido à propagação de doenças, como também contribui fortemente para a persistência da fome e da pobreza (Hathi et al., 2014). Para além da falta de investimento no sector da água, no que diz respeito à implementação e gestão de serviços de abastecimento e de saneamento de água, a escassez de água surge como um dos principais problemas a enfrentar na actualidade (Guarino, 2017). A escassez de água, cada vez mais associada às alterações climáticas, pode desencadear enormes implicações no desenvolvimento socioeconómico dos países, ao nível da saúde, alimentação e emprego (Gosling e Arnell, 2016).

No que diz respeito à gestão das águas residuais, actualmente existem diversos projectos direccionados para o saneamento das águas residuais em países em vias de desenvolvimento. No entanto, ainda existem diversos aglomerados populacionais sem saneamento adequado (Herron et al., 2006; Lamichhane, 2007). O problema decorre, não só da falta de investimento, como da deficiente conjugação da componente sociocultural e da componente técnica (WaterAid, 2016). Isto significa que é importante que o projecto seja bem executado do ponto de vista técnico, sem nunca descurar a componente sociocultural, certificando assim que os projectos são bem aceites pelas diferentes comunidades (Dickinson e Pattanayak, 2009).

Neste capítulo aborda-se a problemática da escassez de água e a forma como é realizada a implementação e gestão dos serviços de abastecimento de água e de saneamento a nível global, com especial foco nas zonas rurais e periurbanas dos países em vias de desenvolvimento. Abordam-se também algumas características socioeconómicas, culturais e religiosas que podem gerar resistência, por parte de alguns grupos populacionais, à solução proposta. Por fim, é feita uma referência ao valor económico da água, como bem natural, e o preço que toma em diferentes partes do globo.

2.2. Objectivos de desenvolvimento do milénio

Em Setembro de 2000 os líderes mundiais reuniram-se em Nova Iorque para assinarem a Declaração do Milénio das Nações Unidas. Ao assinarem a declaração, as Nações comprometeram-se a trabalhar em conjunto para reduzir a pobreza extrema através de oito objectivos (Objectivos de Desenvolvimento do Milénio - ODM) que deveriam ser atingidos até 2015 (UNDP, 2018a). Estes objectivos encontram-se representados na Figura 2.1.

O relatório final, revelou que os 15 anos investidos na realização dos ODM tinham resultado no movimento anti pobreza mais bem-sucedido de sempre, diminuindo para metade o número de pessoas que viviam em pobreza extrema em 2015, comparativamente a 1990. Registaram-se melhorias significativas na nutrição, na educação e na saúde nomeadamente ao combate de doenças como a SIDA, a malária e a tuberculose. Também o acesso a água potável melhorou significativamente, tendo sido cumprida a meta que visava reduzir para metade a população sem acesso a fontes de água melhoradas (UNDP, 2018a; UNICEF e WHO, 2017).



Figura 2.1 - Objectivos de Desenvolvimento do Milénio definidos pela ONU – Agenda de 2015 (Fonte: ONU, sem data)

Para dar continuidade ao trabalho realizado, surgiu a Agenda de 2030 para o Desenvolvimento Sustentável que contempla 17 novos objectivos (Objectivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS), representados na Figura 2.2 (UN, 2016).



Figura 2.2 - Objectivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela ONU – Agenda de 2030 (Fonte: UNDP, 2018b)

A OMS estima que com o cumprimento dos objectivos e subsequentes metas, se originará um aumento da esperança média de vida global de 8,4 anos (OMS, 2018). Na presente dissertação serão contemplados especificamente os objectivos 6, 7 e 11 que são respectivamente (6) água potável e saneamento, (7) energia limpa a baixo custo e (11) cidades/comunidades sustentáveis para todos. Cada um destes objectivos engloba diversas metas, das quais se referem em seguida as consideradas mais relevantes para o presente trabalho.

No que diz respeito ao objectivo 6 – Água potável e saneamento – consideraram-se relevantes as seguintes metas, a atingir até 2030 (UNDP, 2018b):

- Obter acesso universal e equitativo a água potável segura;
- Obter acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e acabar com a defecação ao ar livre, dando especial atenção às necessidades dos aglomerados populacionais mais vulneráveis;
- Expandir a cooperação internacional e o apoio à capacitação dos países em vias de desenvolvimento em actividades e programas relacionados com água e saneamento, incluindo a captação de água, dessalinização, eficiência do uso de água, tratamento de águas residuais, reciclagem e reutilização.

Quanto ao objectivo 7 – Energia limpa a baixo custo – consideraram-se relevantes as seguintes metas, a atingir até 2030 (UNDP, 2018b):

- Aumentar substancialmente a parcela de energias renováveis no *mix* de energia global;
- Expandir infra-estruturas e melhorar a tecnologia para o fornecimento de serviços energéticos modernos e sustentáveis a todos os países em desenvolvimento, em particular aos países menos desenvolvidos, aos estados insulares em desenvolvimento e aos países em vias de desenvolvimento sem zona litoral, de acordo com os respectivos programas de apoio.

Dentro do objectivo 11 – Cidades/Comunidades sustentáveis – considerou-se relevante a seguinte meta, a atingir até 2030 (UNDP, 2018b):

- Apoiar os países em vias de desenvolvimento, através de financiamento e assistência tecnológica, construindo edifícios resilientes e sustentáveis com recurso a materiais locais.

2.3. Caracterização do sector das águas de abastecimento a nível mundial

A OMS defende que cada pessoa deve ter acesso a pelo menos 50 litros de água por dia, necessária para manter a saúde e a higiene e para satisfazer todos os usos domésticos (WaterAid, 2016).

O ser humano usa água todos os dias para uma variedade de propósitos, nomeadamente para as suas necessidades básicas (beber, cozinhar e higiene básica), actividades recreativas, agrícolas e industriais (FAO, 2016).

A água pode ser considerada como um recurso não-renovável ou renovável tendo em conta se a sua velocidade de consumo supera ou não a sua reposição, respectivamente (Gleick e Palaniappan, 2010).

Actualmente, como se pode observar na Figura 2.3, em termos globais a agricultura mobiliza perto de 70% dos recursos hídricos requeridos para as actividades praticadas pelo ser-humano (FAO, 2016). Este valor pode e deve ser reduzido através do aumento da eficiência de irrigação e da reutilização da água. Com a tecnologia existente, a eficiência da utilização de água na agricultura pode aumentar cerca de um terço (ONU, 2012).

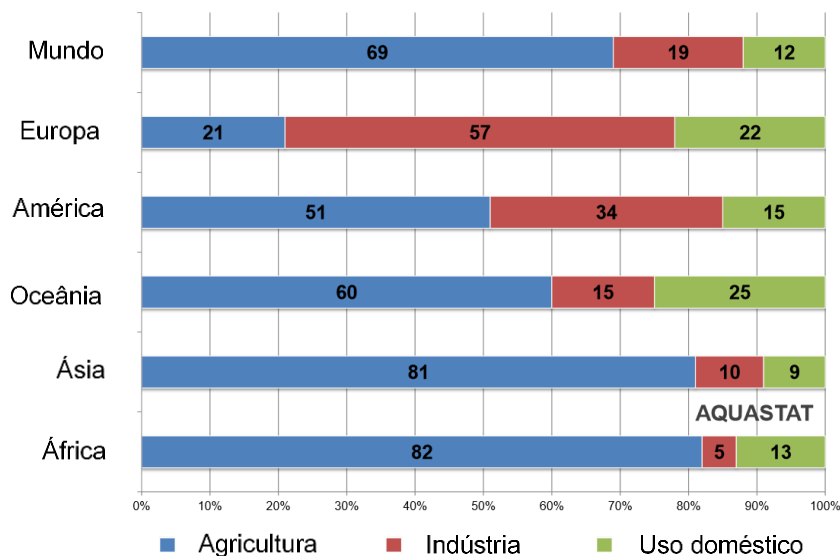


Figura 2.3 – Quantidades de água disponibilizada para os diferentes usos (Agricultura, Indústria e Uso doméstico) por continente e no Mundo, 2015 (Adaptado de: FAO, 2016)

Para além da ineficiente gestão dos recursos hídricos, o crescimento acentuado da população mundial, as alterações climáticas e a crescente procura de energia exercem pressões intensas nas reservas de água do mundo (Vörösmarty et al., 2000). Estudos realizados acerca da influência do clima na procura de água, mostram que com o aumento da temperatura e com a diminuição da precipitação a procura de água aumenta, havendo por isso uma maior pressão sobre o consumo (Ashoori et al., 2017).

De acordo com a EPA, a maioria dos sistemas de água potável, cerca de 91%, são abastecidos através de águas subterrâneas. No entanto, cerca de 68% da população é abastecida através de águas superficiais (EPA, 2017). Isto ocorre porque as áreas metropolitanas grandes e bem povoadas tendem a depender de água de superfície, enquanto as pequenas áreas rurais tendem a depender de fontes de água subterrânea (CDC, 2009).

O acesso por parte das populações rurais a fontes de água potável melhoradas continua a ser reduzido em comparação com a população urbana. Em 2006 (Figura 2.4 e Figura 2.5), cerca de 746 milhões de habitantes de zonas rurais não tinham acesso a uma fonte segura de água

potável, em comparação com 137 milhões de residentes em zonas urbanas sem acesso a uma fonte segura de água potável (OMS, 2007).

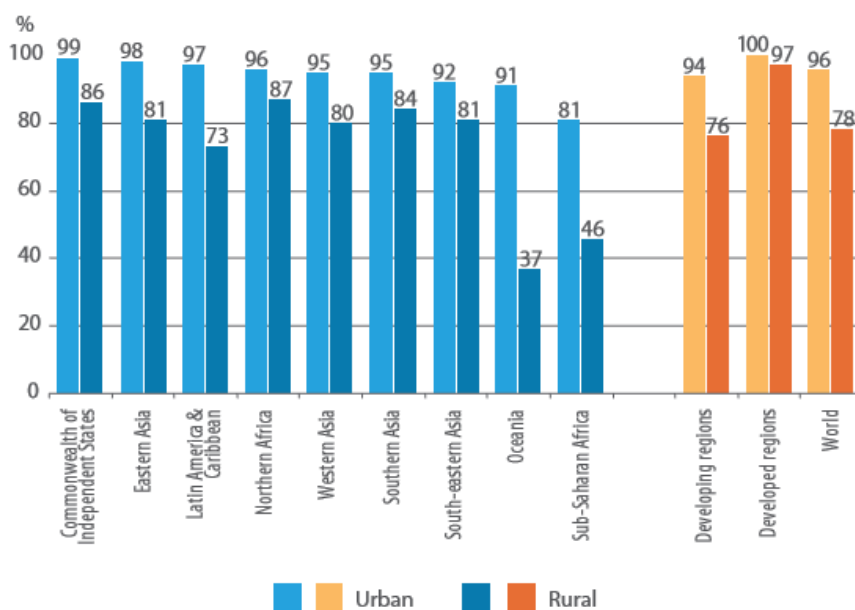


Figura 2.4 - Disparidades no acesso a água potável entre os meios rural e urbano, 2006 (Fonte: OMS, 2007)

Em termos de aglomerados populacionais urbanos, o país com maior carência do ponto de vista do abastecimento de água potável em 2006 era o Afeganistão, sendo o único com uma percentagem inferior a 50% de habitantes com acesso a um sistema adequado de abastecimento de água potável. Em África existiam diversos países com percentagem a variar entre os 50% e os 75%, dos quais se destacam Angola, Moçambique e Nigéria. Estes valores colocam África na posição de continente com maiores necessidades no que diz respeito ao abastecimento de água potável em meios urbanos (OMS, 2007).

Quanto aos aglomerados populacionais rurais, em termos proporcionais, a Oceânia apresenta os piores resultados, seguida pela África Subsariana, em que mais de metade dos países apresentam uma elevada carência em sistemas de abastecimento de água potável, com percentagens inferiores a 50%. Na terceira posição encontra-se a América Latina com percentagens a variar entre os 50% e os 75% (OMS, 2007).

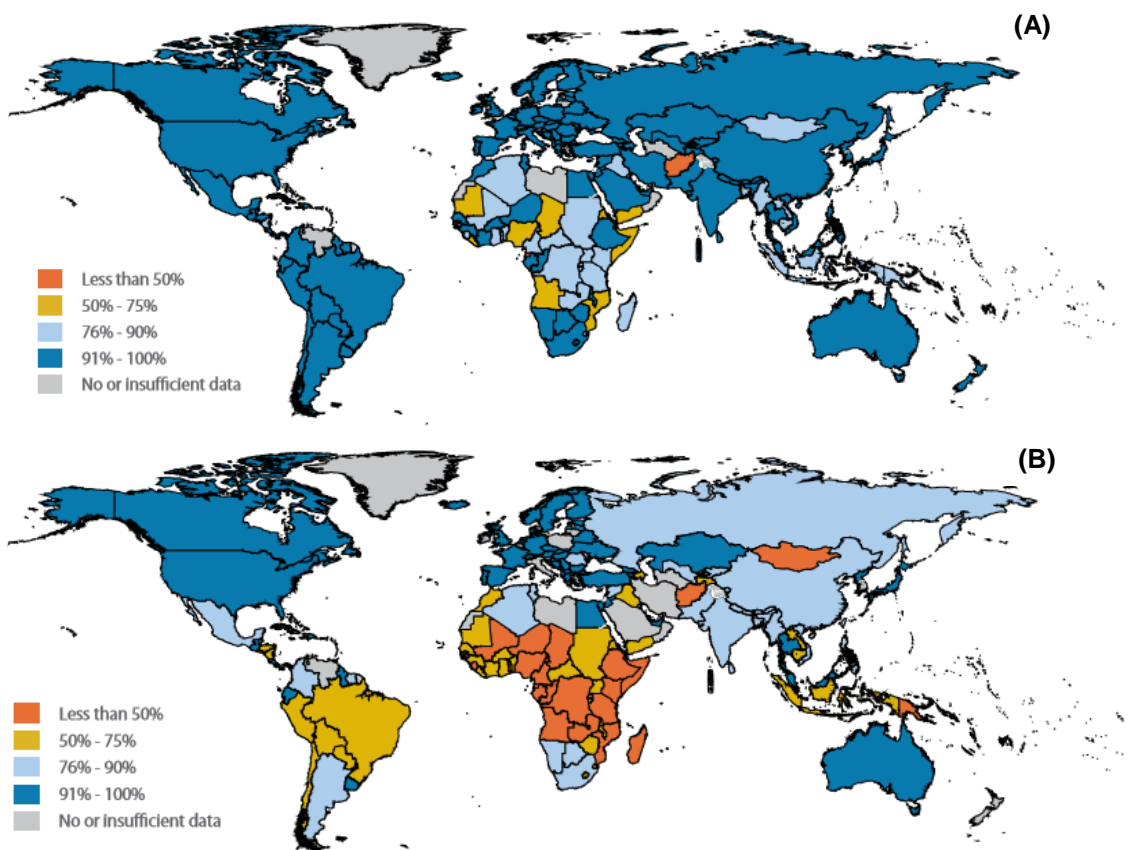


Figura 2.5 – Distribuição global da existência de sistemas de abastecimento de água adequado em zonas urbanas (A) e rurais (B), 2006 (Adaptado de: OMS, 2007)

Passados nove anos, em 2015 (levantamento de dados mais recente sem distinção entre zonas rurais e urbanas), verificaram-se algumas melhorias (Figura 2.6).

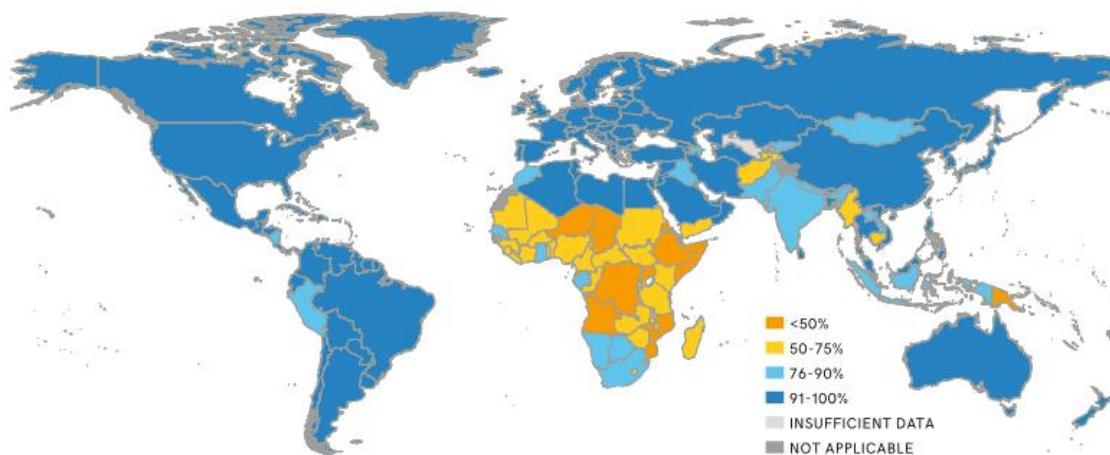


Figura 2.6 - Distribuição global da existência de sistemas de abastecimento de água adequado, 2015 (Fonte: UNICEF e WHO, 2017)

Destaca-se o facto de 181 países terem atingido mais de 75% de habitantes com acesso a um sistema adequado de abastecimento de água potável. De notar também uma evolução positiva

na América Latina. África, apesar de algumas melhorias, em 2015 ocupava ainda a última posição, sendo o continente com mais necessidades no que diz respeito ao abastecimento de água potável (UNICEF e WHO, 2017).

2.4. Escassez de água – caracterização do problema e zonas do globo mais afectadas

No início do século XXI o uso sustentável da água tornou-se numa questão global e prioritária, devido à crescente discrepância entre a oferta e a procura deste recurso (Pereira et al., 2002). A escassez de água pode ocorrer devido a causas naturais ou antropogénicas. As causas antropogénicas estão muitas vezes relacionadas com o crescente aumento da população mundial, a ineficiente utilização de água na agricultura, a poluição de água e mais recentemente com as alterações climáticas (Gosling e Arnell, 2016; Guarino, 2017; WWF, 2017).

Na Tabela 2.1 encontram-se resumidos os quatro tipos de escassez de água existentes segundo Pereira et al., 2002, de acordo com a sua variação temporal e com a sua causa.

Tabela 2.1 - Regimes de escassez de água (Adaptado de: Pereira et al., 2002)

Regime de escassez de água	Causas naturais	Causas antropogénicas
Permanente	<u>Aridez</u> (Precipitação média anual baixa com variação temporal e espacial alta)	<u>Desertificação</u> (Resulta da sobreexploração de águas subterrâneas associada à degradação dos solos)
Temporária	<u>Seca</u> (Precipitação persistente abaixo da média de frequência, duração e previsão incertas)	<u>Escassez de água</u> (Resulta da sobreexploração de aquíferos e do inadequado uso dos solos)

A escassez de água pode ser ainda classificada como física e técnica. A escassez física é caracterizada pela inexistência de água disponível suficiente para prover as necessidades da população, enquanto a escassez técnica ocorre quando apesar de existir água disponível em quantidade suficiente não há recursos económicos ou tecnológicos que permitam distribuir a água com qualidade e em quantidade suficiente à população (Ribeiro, 2008).

A escassez de água tem enormes implicações no desenvolvimento socioeconómico de um país, ao nível da saúde, alimentação e emprego gerando diversos impactos, com especial destaque para a degradação de ecossistemas, a redução da saúde pública, o condicionamento da agricultura e o declínio da economia (Guarino, 2017; ONU, 2012; WWF, 2017).

Estima-se que quatro mil milhões de pessoas experienciem condições de escassez de água pelo menos durante um mês por ano, sendo que perto de metade dessas pessoas vivem na Índia e

na China. Cerca de 500 milhões de pessoas enfrentam escassez de água severa durante todo o ano (Mekonnen e Hoekstra, 2016). Entre 1995 e 2025 espera-se que as áreas afectadas por stress hídrico severo se expandam e se intensifiquem, aumentando em área de 36,4 para 38,6 milhões de quilómetros quadrados (Alcamo et al., 2000).

Na Figura 2.7 observa-se a distribuição da escassez média mensal anual de água potável no ano de 2015.

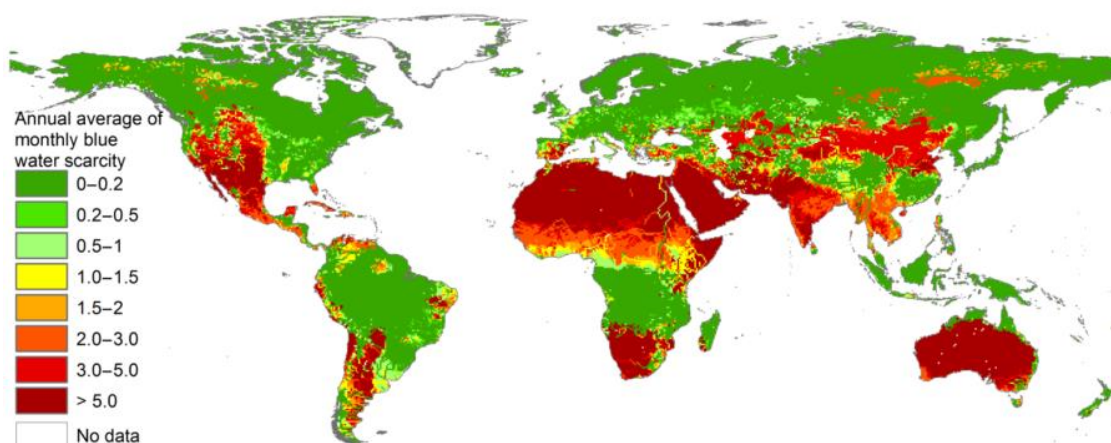


Figura 2.7 - Escassez média mensal anual de água potável, 2015 (Fonte: Mekonnen e Hoekstra, 2016)

A escala da Figura 2.7 representa o nível da escassez de água, que é classificada como baixa, moderada, significativa ou severa. A escassez é baixa se a procura não excede a disponibilidade do recurso (escassez < 1.0). A escassez é moderada, significativa ou severa se a procura excede a disponibilidade do recurso. É moderada se varia entre 1.0 e 1.5, é significativa se varia entre 1.5 e 2.0 e é severa se superior a 2.0. Através da observação da Figura 2.7 torna-se perceptível que as zonas mais críticas são o norte de África, Austrália, Índia, Arábia Saudita e China. A escassez é mais sentida na Índia e na China devido à sua sobrepopulação (Mekonnen e Hoekstra, 2016).

A nível global e anualmente, existe água suficiente disponível para atender às necessidades mundiais, mas as variações espaciais e temporais da procura e da disponibilidade de água são grandes, levando à escassez de água em várias partes do mundo durante momentos de maior vulnerabilidade (Liu et al., sem data; Mekonnen e Hoekstra, 2016).

Se não houver desenvolvimento de políticas mais fortes e mais empenhadas no financiamento e na partilha de conhecimento e de tecnologia com os países em vias de desenvolvimento será expectável que o grande contraste existente no acesso a água potável entre países industrializados e países em desenvolvimento seja mantido, bem como o contraste existente entre zonas rurais e zonas urbanizadas (Gosling e Arnell, 2016; WaterAid, 2016).

2.5. Tratamento e distribuição de águas de abastecimento em países em vias de desenvolvimento

2.5.1. Enquadramento

Em 2015, 92% da população mundial recorreu a fontes melhoradas de água potável, dos quais 88% tiveram acesso a pelo menos um serviço básico de fornecimento de água potável. Com base nestes resultados o JMP (*Joint Monitoring Programme*) elaborado pela OMS e pela UNICEF, estima que 71% da população mundial utilizou serviços de abastecimento de água potável segura em 2015, conduzindo a uma aproximação das metas correspondentes ao ODS 6 – Água potável e saneamento para todos (UNICEF e WHO, 2017).

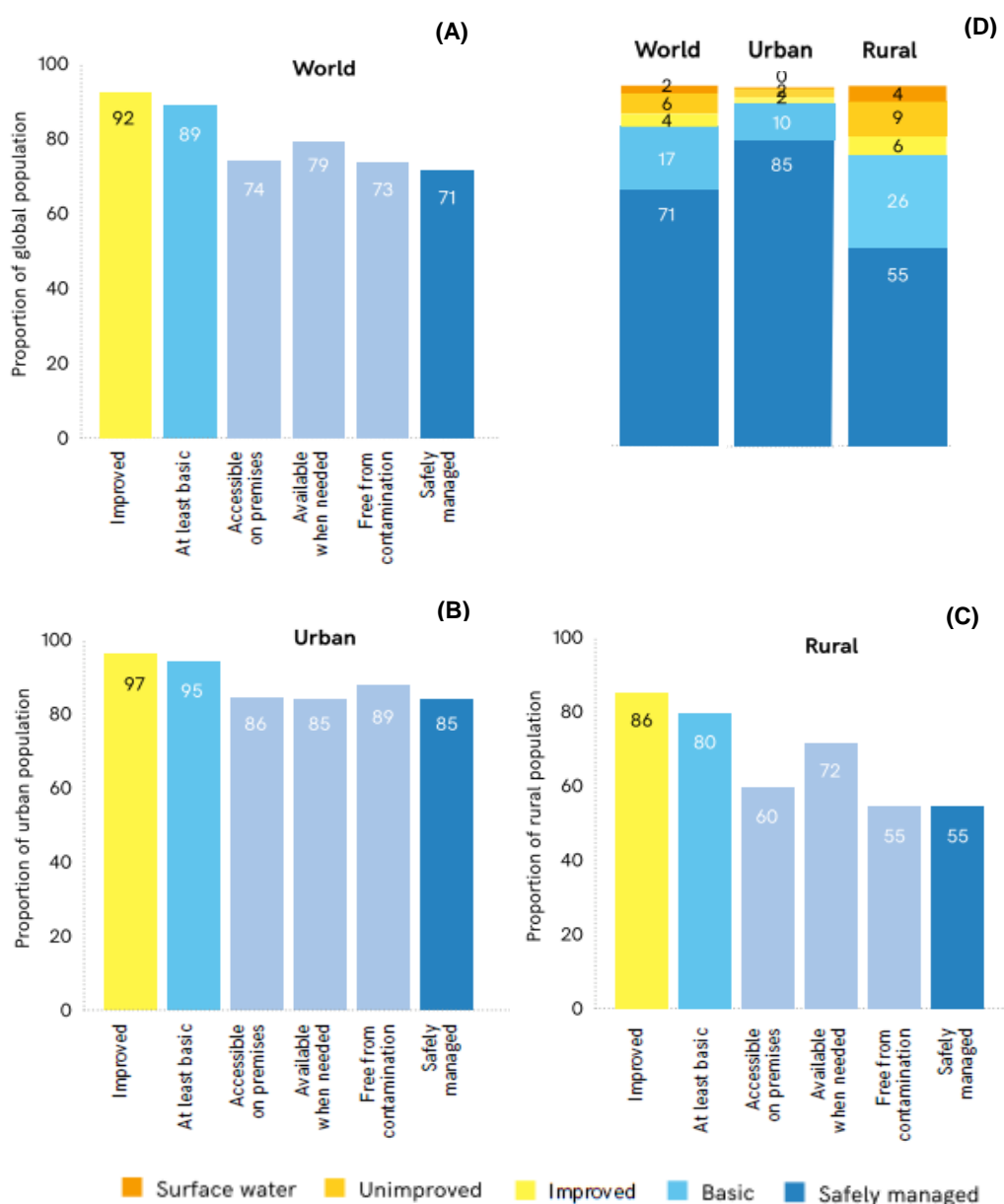


Figura 2.8 – Fontes de água potável usadas pela população mundial (A), urbana (B) e rural (C) e escada invertida da água potável no mundo, urbana e rural (D), 2015 (Adaptado de: UNICEF e WHO, 2017)

Através da Figura 2.8, constata-se que as populações dos meios rurais são as mais condicionadas no que diz respeito ao acesso a fontes de água potável segura, com apenas 55% da população a usufruir de fontes de água segura versus 85% nos meios urbanos. Torna-se clara a urgência de actuação nos meios rurais.

2.5.2. Soluções e iniciativas existentes

Segundo Pandit e Kumar (2015), as técnicas de tratamento de águas de abastecimento mais praticadas em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento são dedicadas a uso doméstico. Os métodos mais utilizados são a desinfecção solar (SODIS), a filtração com areia ou com cerâmica, e a cloragem.

Desinfecção solar (SODIS)

A SODIS é um método eficiente, de baixo custo e tecnologia que permite a inactivação de microrganismos patogénicos da água através da exposição à radiação solar. É uma solução adoptada em comunidades com baixo poder económico, onde o fornecimento de água potável é limitado ou ausente (Pierik, 2011). Este método engloba diversas variáveis que devem ser tidas em conta: comprimento de onda da radiação solar, temperatura da água, tipo de reservatório utilizado e turbidez (Teksoy e Eleren, 2017).

Comprimentos de onda entre os 315^onm e os 400^onm proporcionam uma elevada inactivação de bactérias. Os UV-A actuam através da oxidação de pirimidinas, purinas e dímeros do ciclo-butano-pirimidina, enquanto os UV-B danificam directamente os componentes celulares, material genético e proteínas. A temperatura é também um factor importante, uma vez que a maior parte dos microrganismos são inactivados quando sujeitos a temperaturas superiores a 70°C durante pelo menos seis horas (Keane et al., 2014; Teksoy e Eleren, 2017). A Figura 2.9 demonstra o procedimento utilizado na aplicação do método SODIS.

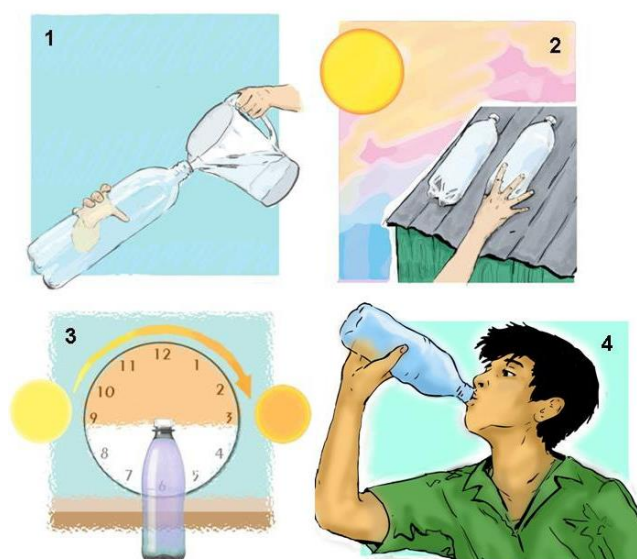


Figura 2.9 – Descrição do procedimento utilizado no método SODIS (Fonte: McGuigan et al., 2012)

O recipiente utilizado deve ser transparente, de modo a facilitar a passagem da radiação solar, e deve ter a menor profundidade possível, por forma a aumentar a eficiência do processo (Ariff e Turab, 2016). As formas cónicas ou cilíndricas são preferidas, em prol das formas rectangulares ou irregulares. A escolha do material utilizado no recipiente pode ser decisiva quanto à eficiência do processo. O PVC deve ser rejeitado, por apresentar estabilizadores de UV, e o PET deve ser preferido (Pierik, 2011). Por fim é importante ter em consideração que se existir turbidez a eficiência do processo poderá ser comprometida (Keane et al., 2014).

A inactivação dos microrganismos ocorre devido ao efeito sinérgico de processos ópticos e térmicos. A radiação ultravioleta é absorvida pelo ADN dos microrganismos interrompendo prematuramente o processo de replicação, enquanto a radiação infravermelha é absorvida pela água, provocando o aumento da sua temperatura e conduzindo à desnaturação das proteínas dos microrganismos. Adicionalmente à inactivação directa pela radiação solar ocorrem também reacções que originam moléculas de oxigénio altamente reactivas (p.e.: peróxido de hidrogénio, oxigénio e superóxidos) que destroem as bactérias (Pierik, 2011; Teksoy e Eleren, 2017).

As principais limitações da SODIS são: a sua utilização só é adequada em zonas com mais de 300 dias sol/ano (num intervalo de latitudes de 35°N e 35°S); não elimina vírus e esporos; não funciona na presença de turbidez; associada à desinfecção solar deve estar a pasteurização; a água deve ser consumida em 24 horas após a desinfecção, antes da reactivação de bactérias (Teksoy e Eleren, 2017).

Filtração com areia ou cerâmica

A filtração lenta através de filtro natural de areia, para além de ser um método económico, é um dos métodos conhecidos mais antigos e eficazes. Consiste essencialmente em replicar a filtração natural que ocorre nos ecossistemas, fazendo a água passar por uma camada de areia e cascalho. Após aproximadamente 30 dias, forma-se uma camada de material biológico sob o filtro de areia que permite atingir taxas de remoção de poluentes mais elevadas, a variar entre os 90% e os 98% (Duke et al., 2006).

No entanto este método não garante a eliminação completa de patogénicos, por isso é necessário recorrer a um desinfectante para finalizar o processo de tratamento de água (Pandit e Kumar, 2015). Este método apresenta como principais limitações a fraca eliminação de vírus, a necessidade de utilização de um desinfectante, a manutenção e a limpeza do filtro (Herron et al., 2006). A Figura 2.10 demonstra a constituição de um filtro de areia doméstico e a Figura 2.11 representa o tipo de filtros de areia domésticos utilizados comumente em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento, neste caso numa comunidade rural do Nepal.

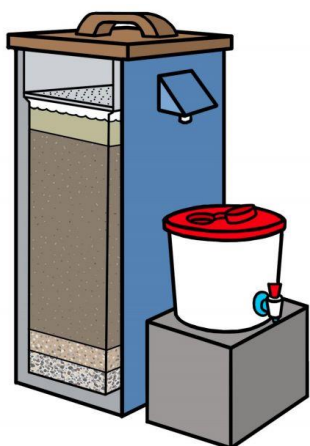


Figura 2.10 – Filtro de areia doméstico
(Fonte: Hammond, 2015)



Figura 2.11 – Filtro de areia doméstico no Nepal
(Fonte: Helvetas Swiss Intercooperation - Nepal, sem data)

A filtração lenta através de filtro de cerâmica é o sistema mais seguro e eficaz na redução de doenças em comparação com os restantes sistemas utilizados em zonas rurais de países em desenvolvimento (SODIS, filtração com areia e cloragem), especialmente a longo prazo, devido à sua comprovada redução de bactérias e protozoários, facilidade de uso e baixo custo de produção (Van der Laan et al., 2014).

Uma das grandes limitações da filtração cerâmica é a ineficiente remoção de vírus que não cumpre as normas impostas pelo documento publicado pela OMS em 2011, *Guidelines for Drinking-water Quality* (Pandit e Kumar, 2015). Como desvantagens deste método apresentam-se: a falta de residual, conduzindo à possibilidade de recontaminação da água e o baixo fluxo de produção de água potável, variável entre 1L/h e 2L/h para filtros com capacidade de 8L (Herron et al., 2006). Este método pode ser associado a filtros de carvão activado em pó, melhorando a sua eficácia. No entanto, este método não é suficiente para assegurar o fornecimento de água segura (Pandit e Kumar, 2015). A Figura 2.12 demonstra a constituição de um filtro de cerâmica doméstico e a Figura 2.13 representa o tipo de filtros cerâmicos domésticos utilizados em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento, neste caso numa comunidade rural em Orissa, na Índia.

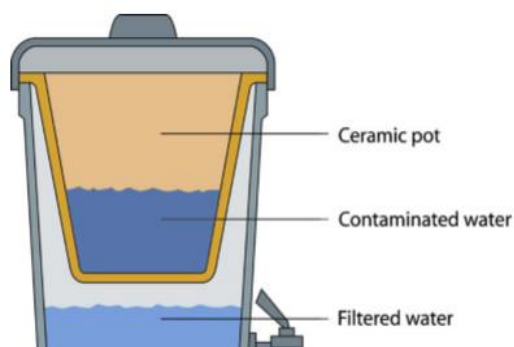


Figura 2.12 – Filtro de cerâmica doméstico
(Fonte: D. van Halem et al., 2009)



Figura 2.13 – Filtro de cerâmica doméstico em Orissa, Índia (Fonte: Pandit e Kumar, 2015)

Desinfecção com Cloro

O cloro é utilizado como desinfectante no tratamento de águas de abastecimento por apresentar diversas vantagens, nomeadamente o facto de ser barato, eficiente na eliminação de bactérias e na remoção de alguns vírus e por garantir residual. No entanto apresenta também algumas desvantagens, uma vez que na presença de precursores forma compostos orgânicos halogenados potencialmente carcinogénicos e apresenta acção limitada na remoção de esporos e quistos (Herron et al., 2006).

O cloro pode ser administrado sob a forma gasosa (cloro gasoso) ou através de hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio. No entanto o primeiro requer níveis de segurança e controlo mais exigentes do que os outros. O hipoclorito de cálcio é muito utilizado na desinfecção de água em zonas rurais de países em desenvolvimento, uma vez que é mais fácil e seguro de manusear e o seu transporte é mais barato (EPA, sem data).

SODIS, filtração com areia ou cerâmica e desinfecção com cloro

Nenhum dos métodos utilizados actualmente para o tratamento de água potável em comunidades rurais de países em vias de desenvolvimento é suficiente para gerar uma água limpa e segura destinada a consumo humano, como se observa na Figura 2.14, uma vez que nenhum dos três métodos é viável na remoção de vírus (Dutta et al., 2016). Dos três métodos, de uso doméstico, utilizados actualmente em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento o método mais disseminado é a filtração cerâmica associada a filtro de carvão activado em pó (Herron et al., 2006; Pandit e Kumar, 2015; Van der Laan et al., 2014).

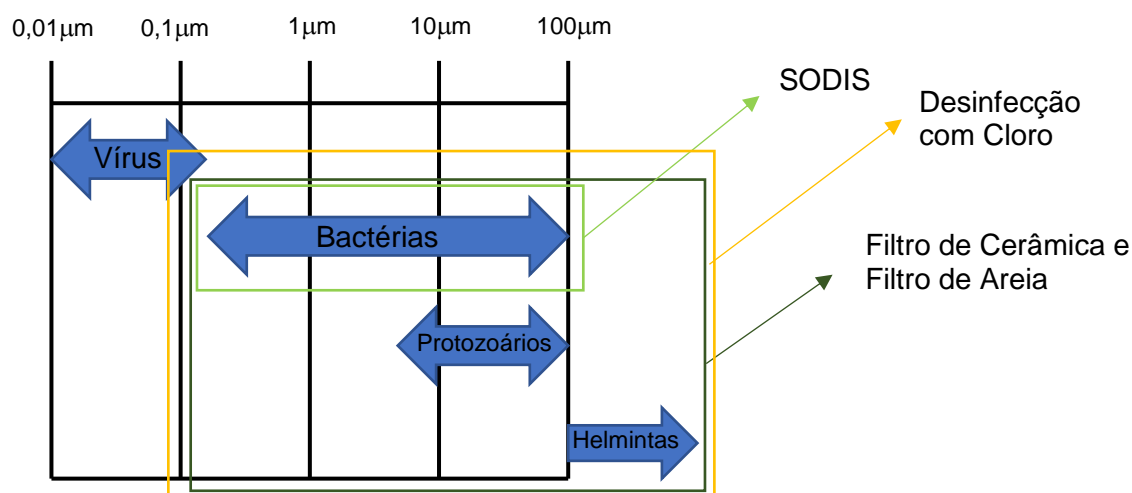


Figura 2.14 – Remoção microbiológica pelo SODIS, filtro de areia, filtro de cerâmica e cloração (Adaptado: Doris Van Halem, 2014)

Para cumprir o ODS 6 - Água potável e saneamento para todos – e dignificar a vida de todos os seres humanos, torna-se urgente investir na pesquisa e no desenvolvimento de novas tecnologias, mais eficientes, viáveis economicamente e em termos de aceitação cultural, que possam ser aplicadas em zonas mais desfavorecidas (Doris Van Halem, 2014).

Tecnologias emergentes

Diversas organizações reconhecem o potencial da nanotecnologia para a resolução dos desafios técnicos associados ao tratamento de água para abastecimento de populações residentes em países em vias de desenvolvimento (Hillie e Hlophe, 2007).

A filtração através de membranas funciona como uma barreira selectiva que permite a passagem de certas substâncias presentes no líquido enquanto retém outras. A sua gama de actuação (tipicamente entre 0,0001 a 1,0 μm) permite a retenção de substâncias que se encontrem dissolvidas no líquido (Metcalf & Eddy, 2003).

A tecnologia de membranas comercializada é constituída pelos seguintes processos: Microfiltração (remoção de sólidos suspensos, protozoários e bactérias), Ultrafiltração (remoção de vírus e colóides), Nanofiltração (remoção de matéria orgânica dissolvida e metais pesados) e Osmose inversa (dessalinização e reutilização de água). Na Figura 2.15 observa-se o intervalo de operação, em micrómetros, das membranas utilizadas nos processos de Osmose Inversa, Nanofiltração, Ultrafiltração e Microfiltração.

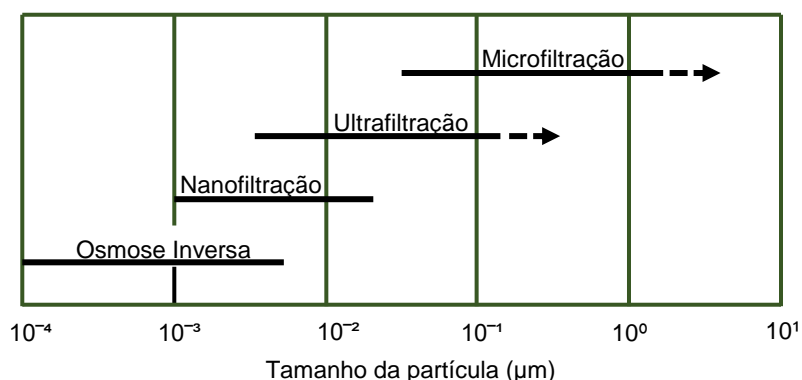


Figura 2.15 – Intervalos de operação das membranas de Osmose Inversa (RO), Nanofiltração (NF), Ultrafiltração (UF) e Microfiltração (MF) (Adaptado de: Metcalf & Eddy, 2003)

A operação do processo de membranas começa com a pressurização do líquido de alimentação, facilitando a sua circulação ao longo do módulo de membranas. Enquanto a filtração ocorre, há acumulação de substâncias nas membranas resultando na diminuição do fluxo de filtração. Quando a eficiência de filtração é reduzida devido à colmatação das membranas, os módulos são parados e lavados em contracorrente, com água, podendo realizar-se periodicamente limpeza química (Metcalf & Eddy, 2003; Pendergast e Hoek, 2011).

As membranas utilizadas para o tratamento de águas e de águas residuais, consistem, tipicamente, numa película fina de espessura aproximada de 0,20 a 0,25 μm suportada por uma estrutura mais porosa de cerca de 100 μm de espessura. Geralmente estas membranas são produzidas como folhas, fibras ocas e finas ou em forma tubular (Figura 2.16) a partir de materiais orgânicos (p.ex. polipropileno e acetato de celulose). A escolha do tipo de membrana deve ser baseada na minimização da colmatação e deterioração da membrana (Metcalf & Eddy, 2003).



Figura 2.16 -Módulo de membranas orgânicas em folha (Fonte: B Filters - Tratamento de Água, sem data)

Como principais limitações da tecnologia de membranas surge o custo de investimento e a necessidade de limpeza constante, facilmente compensadas com a sua eficiência. Geralmente é necessária a utilização de energia para alimentar as bombas que fornecem pressão ao sistema, encarecendo a sua operação. No entanto quando alimentados por energia renovável, estes sistemas são autónomos do ponto de vista energético (Peter-Varbanets et al., 2017; Schäfer et al., 2014).

2.6. Saneamento e tratamento de águas residuais em países em vias de desenvolvimento

2.6.1. Enquadramento

Em 2015, como a Figura 2.17 demonstra, apenas cerca de 39% da população mundial tinha acesso a um serviço de saneamento digno e seguro, o que se traduz em 2,3 mil milhões de pessoas sem acesso a um serviço básico de saneamento. Cerca de 892 milhões de pessoas (12% da população mundial) ainda praticava defecação ao ar livre, especialmente em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento (UNICEF e WHO, 2017).

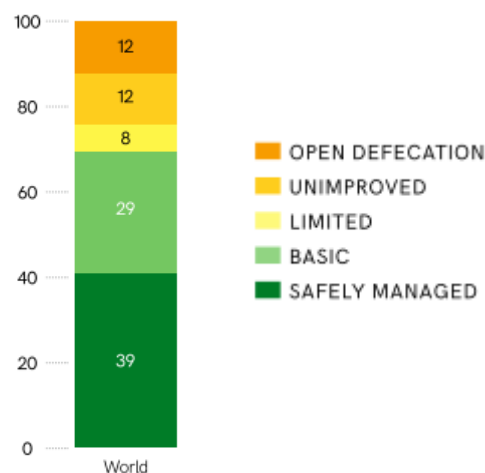


Figura 2.17 – Distribuição da população mundial (em %) pelo tipo de saneamento praticado (Fonte: UNICEF e WHO, 2017)

A distribuição global de sistemas de saneamento apresenta resultados menos positivos em toda a África Subariana e na Índia, onde a população com acesso a um serviço de saneamento é ainda inferior a 50% (Figura 2.18). As zonas mais afectadas são as comunidades rurais de países em vias de desenvolvimento, havendo ainda um longo caminho a percorrer até ao cumprimento do ODS 6 - Água potável e saneamento para todos.

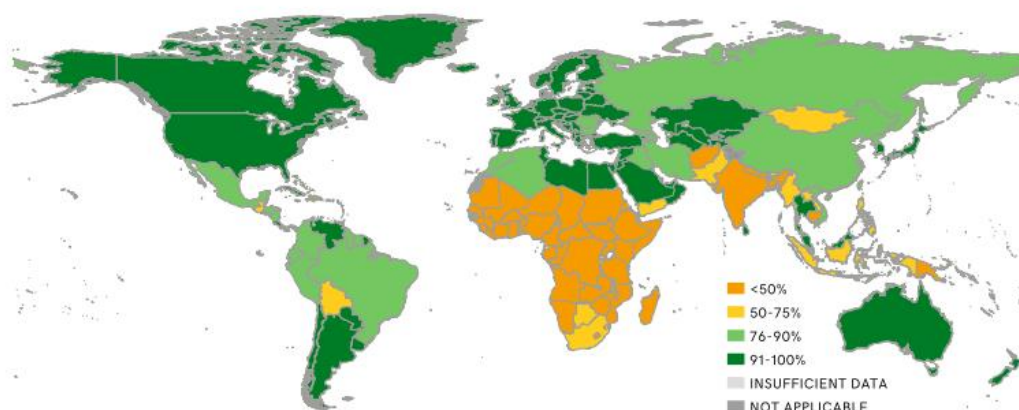


Figura 2.18 - Disposição global da existência de sistemas de saneamento de águas residuais adequados, 2015 (Fonte: UNICEF e WHO, 2017)

Segundo Nawab et al. (2006), os modelos de saneamento adoptados pela população mundial são: *flush-and-discharge*, *flush-and-forget*, *drop-and-store* e *sanitize-and-reuse*. Os dois primeiros são sanitários de descarga de água, em que a descarga é realizada respectivamente, com algum ou sem nenhum tratamento, no meio receptor. *Drop-and-store* refere-se a latrinas secas de descarga e acumulação, e *sanitize-and-reuse* diz respeito às latrinas com separação de urina e fezes (Lamichhane, 2007; Winblad, 1997).

2.6.2. Soluções e iniciativas existentes

Nas últimas décadas, as lagoas de macrófitas tornaram-se numa opção bastante popular no que diz respeito ao tratamento de águas residuais. Devido à elevada eficiência na remoção de poluentes, à facilidade da sua operação/manutenção e ao baixo gasto energético, as lagoas de macrófitas são uma das soluções mais requisitadas para providenciar serviços de saneamento em zonas rurais de países com baixo rendimento (Zhang et al., 2014). Actualmente as soluções de saneamento mais utilizadas (com algum tratamento) em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento são os leitos de macrófitas e as fossas sépticas (Massoud et al., 2009; Singh et al., 2015). Têm sido desenvolvidos e financiados pelos governos de alguns países em vias de desenvolvimento, projectos no âmbito do aproveitamento do biogás em comunidades rurais, recorrendo à digestão anaeróbia (Surendra et al., 2014).

Leito de macrófitas

Os leitos de macrófitas, para além de serem atractivos do ponto de vista económico e técnico também são atractivos do ponto de vista ecológico, uma vez que proporcionam condições necessárias para que diversas espécies se estabeleçam (Calheiros et al., 2013).

Um leito de macrófitas, de um modo geral, é associado a órgãos destinados ao tratamento preliminar e ao tratamento primário enquanto o tratamento secundário fica a cargo do leito de macrófitas. O tratamento preliminar é realizado através de uma grelha encarregue da remoção dos sólidos suspensos de maior dimensão. De seguida, o tratamento primário é realizado, frequentemente, através de uma fossa séptica, havendo remoção de parte dos sólidos em suspensão e da matéria orgânica, evitando a colmatação sub-superficial do leito de macrófitas (Seco et al., 2008).

O leito de macrófitas possui um material de enchimento, que além da sua função de filtro serve de suporte às macrófitas. Neste processo as macrófitas são o principal interveniente na remoção de matéria orgânica da água residual. As plantas utilizadas podem ser flutuantes, submersas ou emergentes (Zhang et al., 2014). A Figura 2.19 permite uma melhor percepção da constituição de um leito de macrófitas.

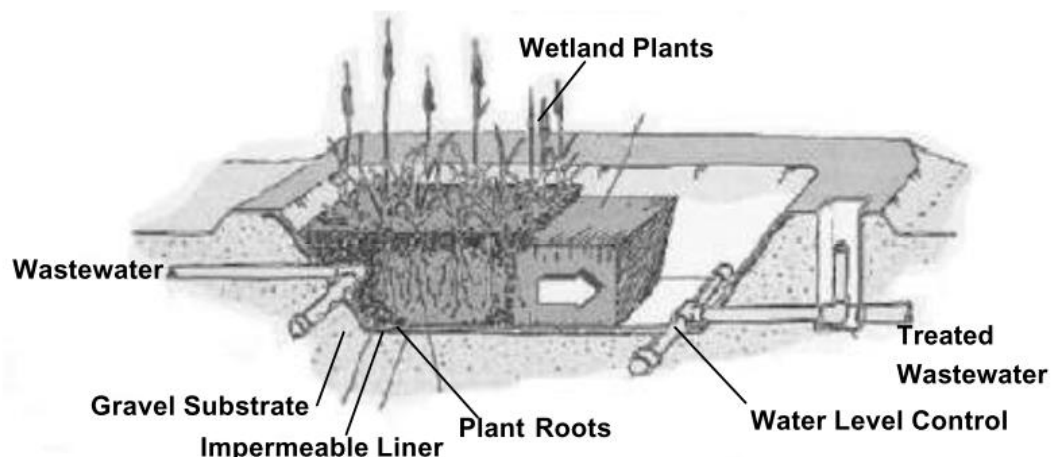


Figura 2.19 – Constituição de um leito de macrófitas (Fonte: EPA, 2004)

À medida que a água residual flui através do leito de macrófitas, uma boa parte dos sólidos em suspensão são retidos pela vegetação e acabam por sedimentar. Outros poluentes são transformados em formas menos solúveis facilitando o seu *uptake* por parte das macrófitas. Os microrganismos possuem, nestes sistemas, condições favoráveis à sua permanência, desempenhando um papel importante na eliminação de poluentes (Wu et al., 2014).

Fossa séptica

As fossas sépticas são compartimentos, geralmente situados abaixo da superfície do solo, que recebem águas residuais e as retêm por vários dias. Enquanto o efluente é mantido na fossa séptica, os sólidos suspensos mais densos sedimentam no fundo do tanque, e os detritos menos

denso (p.e. gorduras e detritos vegetais) acumulam-se à superfície, dando origem a uma película, denominada espuma, que permite a existência de condições de anaerobiose. Desta forma, os sólidos sedimentados no fundo do tanque são digeridos em condições de anaerobiose (Harada et al., 2008; Massoud et al., 2009). As fossas sépticas podem servir apenas uma ou várias habitações, sendo geralmente implementadas em contexto rural (Singh et al., 2015).

Devido ao rápido consumo de oxigénio, surgem as condições propícias à digestão anaeróbia das lamas, que, conseqüentemente, conduz à estabilização parcial ou total das mesmas. Consoante o tempo de retenção das lamas e a temperatura atingida, pode haver uma redução de volume na ordem dos 50% a 80% (Santo, 2008).

Este sistema tem grandes vantagens, nomeadamente o facto de ser uma solução de bastante simples operação e manutenção, e de ter um custo de investimento bastante baixo. Este tipo de sistema permite a disponibilização de um serviço de saneamento básico, adequado a comunidades rurais de população pouco numerosa e com baixo rendimento, conduzindo a melhorias comprovadas na área da saúde pública (Massoud et al., 2009).

Como principais desvantagens apresentam-se a possibilidade de ocorrência de maus odores, caso as lamas sejam mantidas no tanque durante muito tempo e a possibilidade da remoção de azoto e fósforo ser ineficiente (Singh et al., 2015). Para colmatar as desvantagens enunciadas a fossa séptica pode ser utilizada como tratamento primário sendo associada a outros métodos de tratamento (p.e. leito de macrófitas) para melhores eficiências na remoção de azoto e fósforo (Zhang et al., 2014).

Digestão anaeróbia

A utilização da digestão anaeróbia em contexto rural tem vindo a aumentar nos países em vias de desenvolvimento. Existem já alguns projectos que visam o aproveitamento da energia providenciada pelo biogás, ao mesmo tempo que é fornecido um serviço de saneamento à população (Colón et al., 2015).

A digestão anaeróbia consiste na degradação da matéria orgânica pelos microrganismos em condições de anaerobiose e reúne três grandes reacções químicas: hidrólise, fermentação e metanogénese. Para que este processo ocorra importa ter em consideração alguns factores: tempo de retenção de sólidos e hidráulico, temperatura, alcalinidade e pH. A digestão anaeróbia é preferida à digestão aeróbia por necessitar de menores volumes de digestão e por determinar menores gastos energéticos (Metcalf & Eddy, 2003).

Os processos de fermentação anaeróbia são vantajosos uma vez que para além da redução de biomassa ainda permitem a recuperação de energia sob a forma de metano. A maior parte destes processos ocorrem em mesófilia (temperaturas entre os 30°C e 35°C). No entanto, tem havido um crescente interesse em actuar em termofilia (temperaturas entre os 50°C e 60°C), devido à elevada capacidade de eliminação de patogénicos, gerando bio sólidos de classe A passíveis de utilização na agricultura sem grandes restrições. Para haver metanogénese, é necessário que o pH seja próximo do neutro, sendo esta inibida na presença de pH inferior a 6,8. A presença de

sulfuretos também provoca a inibição do processo, na medida em que estes se tornam tóxicos para as bactérias metanogénicas, quando em concentrações elevadas (Qasim, 1999).

Outro aspecto importante consiste na escolha do formato do digester. Os formatos mais comuns são o tanque cilíndrico e o oval. O tanque oval permite uma elevada eficiência de mistura e requer um baixo custo de operação e manutenção, que contrapõe o elevado custo de investimento associado à sua construção. O tanque cilíndrico proporciona uma mistura menos eficiente, com existência de espaços mortos e requer custos de operação e manutenção elevados, contrapondo ao baixo custo de investimento associado à sua construção (Metcalf & Eddy, 2003).

Os reactores UASB (*Upflow anaerobic sludge blanket*) são uma solução atractiva para o tratamento de efluente doméstico bruto, particularmente em países em vias de desenvolvimento (Lettinga e Hulshoff, 1992; Raboni et al., 2014). Neste tipo de reactores, a alimentação é realizada em fluxo ascendente, como se observa na Figura 2.20, forçando a água residual a percorrer um leito de lamas denso e com elevada actividade microbológica. O fluxo ascensional de alimentação ao reactor, em conjunto com a ascensão das bolhas de gás, permite a mistura das lamas facilitando a sua estabilização em toda a área do reactor. A separação do gás e dos sólidos suspensos é realizada através de deflectores, permitindo a saída do gás e a sedimentação dos sólidos suspensos, enquanto o efluente tratado é retirado do reactor pela parte superior do mesmo (Metcalf & Eddy, 2003).

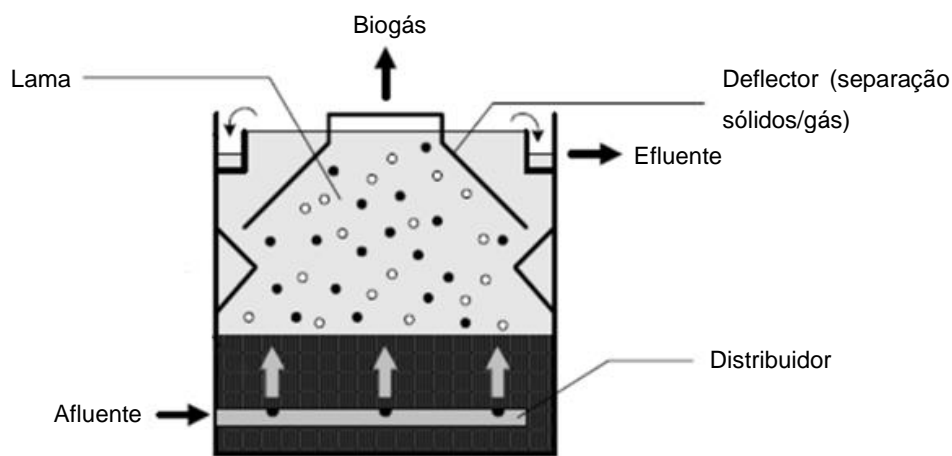


Figura 2.20 – Representação esquemática de um reactor UASB (*Upflow anaerobic sludge blanket*) (Fonte: TRIDENT INNOVATIONS, 2012)

A utilização do reactor UASB permite a digestão de efluente doméstico bruto com remoções de CBO_5 na ordem dos 50-70% e de CQO na ordem dos 40-60%, a temperaturas relativamente baixas, entre os 12°C e os 18°C e com tempos de retenção hidráulico entre as sete e as doze horas (Abdelgadir et al., 2014). Os designs mais utilizados em países em vias de desenvolvimento, para além do UASB, são o digestor de cúpula fixa Chinês, o digestor de cúpula flutuante Indiano e o digestor de fluxo pistão, incluído no grupo dos digestores pré-fabricados (Cheng et al., 2014). O digestor de fluxo pistão (Figura 2.21) é fabricado geralmente com materiais como o polietileno (PE) ou o policloreto de vinilo (PVC) (Cheng et al., 2014). Já o digestor de cúpula fixa Chinês, representado pela



Figura 2.21 – Digestor de fluxo pistão em Belize (Fonte: Cheng et al., 2014)

Figura 2.22, é geralmente construído com materiais locais, reduzindo os custos associados à sua construção.

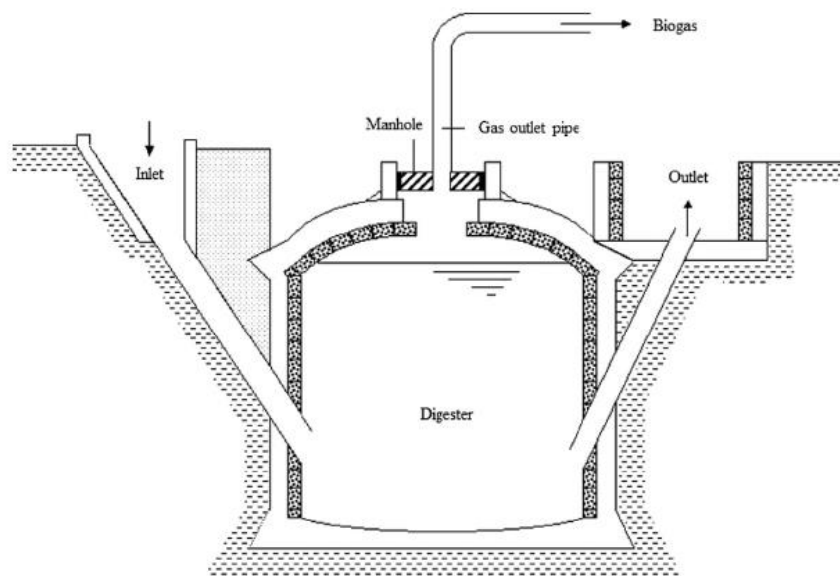


Figura 2.22 – Representação esquemática do digestor de cúpula fixa Chinês (Fonte: Surendra et al., 2014)

Por outro lado, o digestor de cúpula flutuante Indiano, representado pela Figura 2.23, é usualmente construído com betão e aço, sendo que o aço é utilizado na construção da cobertura oscilante (Surendra et al., 2014).

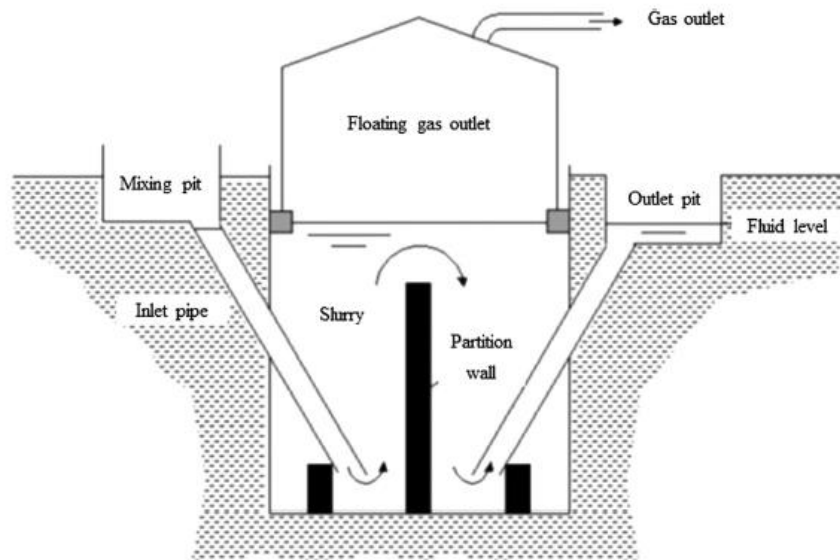


Figura 2.23 - Representação esquemática do digestor de tambor flutuante Indiano (Fonte: Surendra et al., 2014)

Na Tabela 2.2 encontram-se enunciadas as principais vantagens e desvantagens da implementação dos quatro tipos de digestores atrás referidos.

Tabela 2.2 – Vantagens e desvantagens dos digestores de cúpula fixa, de tambor flutuante, de fluxo e UASB
(Fontes: Cheng et al., 2014; Lettinga e Hulshoff, 1992)

Design	Vantagens	Desvantagens
Digestor de cúpula fixa	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo de investimento; • Vida útil longa; • Design básico e compacto; • Requer pouco espaço (construído abaixo do solo); • Baixa manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção mais especializada para ser estanque e de difícil reparação em caso de fugas; • Requer materiais de construção pesados; • A quantidade de gás produzido não é visível imediatamente.
Digestor de cúpula flutuante	<ul style="list-style-type: none"> • Operação simples e intuitiva; • Volume de gás armazenado visível; • Pressão de gás constante; • Construção relativamente fácil; 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado custo de investimento devido ao tambor flutuante; • Vida útil curta devido à corrosão do tambor flutuante; • Manutenção elevada devido à necessidade constante de pintura do tambor flutuante para evitar corrosão.
Digestor de fluxo pistão	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo de investimento; • Fácil transporte; • Baixa sofisticação na construção; • Manutenção simples; • Menos sujeito a variações climáticas do que o digestor de cúpula fixa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil curta; • Elevada susceptibilidade a estragos; • Baixa pressão do gás; • Elevado impacto ambiental.
UASB	<ul style="list-style-type: none"> • Método de construção e operação simples; • Baixo custo de investimento; • Não necessita de energia para a sua operação; • Pode ser aplicado em pequena ou grande escala; • Caudal de lamas em excesso baixo, devido à grande eficiência de espessamento; • Lamas bem estabilizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Só remove compostos orgânicos e sólidos suspensos; • Susceptibilidade à presença de compostos químicos (geralmente não representa um problema para as águas residuais domésticas); • Sensibilidade a temperaturas muito baixas.

2.7. Principais obstáculos à gestão da água de abastecimento e da água residual em países em vias de desenvolvimento

Os principais obstáculos que dificultam o acesso de diversos grupos populacionais a água segura e saneamento são três, segundo a WaterAid (2016), e são abaixo referidos:

- Em primeiro lugar, surge a falta de verbas para investimento em infra-estruturas de abastecimento de água e saneamento, por parte dos países em vias de desenvolvimento. Muitas vezes, os fundos direccionados para serviços de água, saneamento e higiene, por parte destes países, são muito inferiores aos fundos alocados para a saúde e a educação. No entanto, enquanto o acesso a água potável segura e a existência de um serviço de saneamento adequado não forem prioridade, continuará a haver falhas graves na saúde e na educação da população. É necessário que os governos dêem prioridade ao investimento neste serviço vital, e que se desprendam do subfinanciamento crónico.
- Em segundo lugar, surge a falta de instituições gestoras com regimes de gestão eficazes. Por vezes o problema não é a falta de infra-estruturas mas sim a inexistência de instituições que se encarreguem da sua operação e manutenção. A falta destas instituições conduz à degradação das infra-estruturas, quando existentes, e dificulta a construção de outras necessárias. Desta forma por mais financiamentos externos que existam, enquanto não houver preocupação política em criar instituições gestoras, por parte dos países envolvidos nesta problemática, não será possível progredir.
- Em último lugar encontram-se as desigualdades sociais profundas. Actualmente ainda há pessoas marginalizadas devido às suas condições de saúde, idade, género, etnia ou casta, reflectindo-se frequentemente na sua exclusão social. Por outro lado, os aglomerados populacionais rurais têm uma menor probabilidade de ter acesso a uma fonte de água fiável ou a um serviço de saneamento adequado, comparativamente com os aglomerados urbanos. Também nas cidades, as pessoas mais pobres são frequentemente excluídas socialmente, não sendo consultadas ou envolvidas na tomada de decisões sobre os serviços públicos, nomeadamente na gestão do sector da água.

Para ultrapassar estes obstáculos, torna-se imperativo que os governos de países em desenvolvimento assumam, como uma prioridade, a implementação e gestão de infra-estruturas dedicadas ao abastecimento de água potável segura e ao saneamento das águas residuais. É também urgente combater a exclusão social, evitando marginalizar determinados grupos populacionais. Por fim, é ainda necessário sensibilizar a população para a importância da higiene pessoal, a par do investimento em infra-estruturas dedicadas a esse efeito (UN, 2016; World Bank, 2016).

2.8. Saúde pública

A falta de saneamento e de água segura para consumo estão intrinsecamente ligadas à propagação de doenças. A propagação de doenças associadas à água ocorre, no essencial, devido à exposição da população a microrganismos patogénicos, através de diversas vias (Prüss-Ustün et al., 2014).

Segundo Montgomery e Elimelech (2007) as doenças associadas à água podem classificar-se através de seis categorias, representadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Classificação das doenças associadas à água, saneamento e higiene (Adaptado de: Montgomery e Elimelech, 2007)

Categoria	Descrição
<i>Waterbourne</i>	Doenças causadas pela ingestão de água contaminada por excreta ou urina humana e/ou animal, que contenha bactérias e vírus (p.ex. cólera, febre tifóide e outras doenças diarreicas).
<i>Water-based</i>	Doenças causadas por parasitas presentes em organismos intermediários que vivem na água.
<i>Water-related</i>	Doenças causadas por microrganismos com ciclos de vida associados a insectos que vivem ou se reproduzem na água (p.ex. dengue, malária e febre amarela).
<i>Excreta-related</i>	Doenças causadas pelo contacto directo ou indirecto com organismos patogénicos associados a vectores de reprodução em excreta (p.ex. tracoma e a maioria das doenças incluídas na categoria <i>waterbourne</i>).
<i>Water collection and storage</i>	Doenças causadas pela contaminação que ocorre durante ou após a colecta de água, frequentemente devido à deficiente higienização dos recipientes de recolha e/ou de reserva.
<i>Toxin-related</i>	Doenças causadas por bactérias associadas à eutrofização de águas (p.ex. gastroenterite e doenças hepáticas).

Prüss-Ustün et al. (2014) estimaram 842 mil mortes no ano de 2012, devido à ingestão de água contaminada, à falta de saneamento e à falta de água para higiene da população, o que correspondeu a cerca de 5,7% das mortes por doença globais nesse ano.

Globalmente, as doenças diarreicas, causadas pela ingestão de água contaminada e pela falta de saneamento, são a segunda maior causa de mortes infantis, logo a seguir à pneumonia,

causando a morte de 315 mil crianças por ano (WaterAid, 2016). Este desfecho pode ser, em grande parte, evitável, se os serviços de saneamento e de abastecimento de água forem melhorados nas zonas mais carenciadas do globo, com especial destaque para as zonas rurais e periurbanas dos países em vias de desenvolvimento (ONU, 2012).

2.9. Aspectos culturais e religiosos

2.9.1. Enquadramento

Os aspectos culturais e religiosos das diferentes comunidades rurais apresentam-se como uma importante característica, crucial para a decisão acerca do tipo de saneamento a implementar. Isto porque, por melhor que sejam as instalações e os equipamentos utilizados do ponto de vista técnico, a sua viabilidade poderá ser posta em causa se a população sentir que as suas crenças não são respeitadas (Uddin et al., 2014).

As comunidades rurais que apresentam maiores limitações do ponto de vista cultural e religioso, no que diz respeito à implementação de sistemas de saneamento, são as comunidades hindus e muçulmanas (Hathi et al., 2014; McConville, 2003).

Segundo Hackett e McClendon (2015), as religiões que reuniam um maior número de praticantes no mundo, em 2015, eram o Cristianismo, o Islamismo e o Hinduísmo (Figura 2.24).

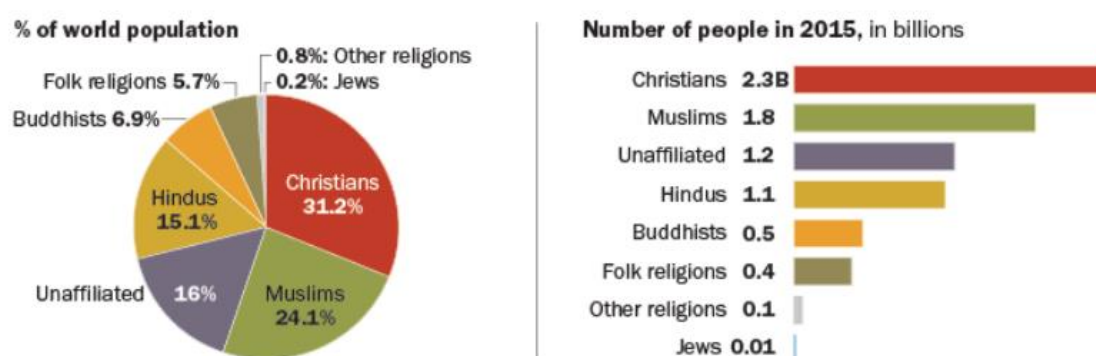


Figura 2.24 – Religiões mais praticadas no mundo (gráfico à esquerda) e quantidade de praticantes por religião (gráfico à direita), 2015 (Fonte: Hackett e McClendon, 2015)

Uma vez que não é possível estudar todas as religiões e culturas praticadas pelas comunidades rurais e periurbanas existentes no mundo, destacaram-se os grupos religiosos que reúnem mais praticantes no mundo: Cristãos, Muçulmanos e Hindus.

Importa referir que muitas das comunidades rurais seguem religiões tradicionais aliadas a uma destas doutrinas (Seymour e Hughes, 2014). Desta forma, são apresentadas em seguida as características mais generalistas e/ou limitantes das comunidades que se inserem nas doutrinas mencionadas.

2.9.2. Cristianismo

O cristianismo é a religião com mais praticantes no mundo, reunindo mais de 2 mil milhões de praticantes (Hackett e McClendon, 2015). É uma religião monoteísta baseada na Bíblia. A religião cristã tem três vertentes principais: Catolicismo Romano, Ortodoxa Oriental e Protestantismo, havendo outras doutrinas com menor número de praticantes (BBC, 2011).

As comunidades rurais cristãs não apresentam grandes limitações culturais do ponto de vista do uso e da aceitação de instalações sanitárias. No entanto, uma grande parte das comunidades rurais cristãs existentes no continente africano, associam ao cristianismo religiões tradicionais. Por vezes as religiões tradicionais apresentam fortes crenças e princípios que podem conduzir a algumas limitações no que diz respeito à aceitação de determinadas instalações sanitárias (Meyer, 2012).

Segundo Meyer (2012), parte das comunidades rurais e periurbanas africanas cristãs que associam o cristianismo a religiões tradicionais africanas partilham algumas características no que diz respeito ao uso de água e ao saneamento. Parte destas comunidades acredita que os micróbios não são nocivos, regendo-se pelo lema “micróbios não matam África”, o que se traduz numa higiene deficiente. Acreditam ainda que a vida das crianças é protegida por Deus e que por isso as suas fezes são inofensivas, sendo algumas vezes utilizadas na medicina tradicional ou dispostas ao ar livre. Algumas destas comunidades não entendem a relação entre doenças, como a cólera e a diarreia, e a água, assumindo uma explicação espiritual (Akpabio e Subramanian, 2012; Johnson et al., 2015).

2.9.3. Islamismo

O Islamismo é uma religião monoteísta estruturada pelo Alcorão. A maioria dos muçulmanos pertence a uma das duas principais denominações: Sunitas e Xiitas (BBC, 2014).

Segundo Nawab et al (2006) e Uddin et al (2014) grande parte das comunidades rurais e periurbanas muçulmanas apresentam diversas peculiaridades no que diz respeito à utilização de instalações sanitárias. Estas comunidades sentem repulsa pelo aparecimento de fezes e urina devido a impedimento religioso, pelo que não aprovam os sistemas de separação de urina e fezes (*sanitize-and-reuse*), em que as fezes são armazenadas numa cova ou num reservatório que vai sendo esvaziado consoante a necessidade. Por outro lado, demonstram preferência pelos sistemas *flush-and-discharge* e *flush-and-forget* que permitem, através da descarga de uma quantidade significativa de água, conduzir a excreta para fora do seu campo de visão (Seymour e Hughes, 2014).

Os critérios utilizados para a escolha do sistema sanitário pelas comunidades rurais muçulmanas são: prestígio, privacidade e conforto, apresentando uma pequena motivação pela saúde pública e pelo ambiente (Nawab et al., 2006). A maioria da população destas comunidades, prefere a implementação de sanitas turcas para facilitar a limpeza anal, que funciona como “purificação” e

permite a participação nas cerimónias religiosas. Os sanitários deverão ainda estar orientados numa direcção norte-sul para evitar Meca (Uddin et al., 2014).

Segundo Nawab et al (2006) a população sénior do género masculino continua a preferir a defecação ao ar livre, como “purificação” e “limpeza do corpo”, enquanto a população do género feminino e os jovens do género masculino preferem a utilização de instalações sanitárias interiores. Perante esta informação, Nawab et al (2006), retirou algumas elações, nomeadamente: os jovens muçulmanos encontram-se mais abertos à mudança comparativamente com os adultos do género masculino e as mulheres muçulmanas sentem-se mais confortáveis ao utilizar instalações sanitárias interiores por questões de privacidade, segurança e conforto.

2.9.4. Hinduísmo

O hinduísmo é um sistema diversificado de pensamento, baseado nas tradições védicas (BBC, 2017). Para entender como funciona a sociedade hindu importa estudar a forma como esta é organizada. Na sociedade hindu existe uma hierarquia definida por quatro grandes castas: *Brahmins*, *Kshatriyas*, *Vaishyas* e *Shudras*. A casta mais alta, *Brahmins*, é constituída por “letrados”, como sacerdotes, professores e filósofos, que segundo a mitologia hindu foram criados a partir da cabeça de *Brahma*. *Kshatriyas*, é constituída por “guerreiros” nascidos dos braços de *Brahma*, como soldados, policias e administradores. *Vaishyas* são os comerciantes nascidos das pernas de *Brahma* enquanto *Shudras* representa os camponeses, artesãos e operários, nascidos dos pés de *Brahma*. Os *Dalits*, nascidos do chão e da poeira que *Brahma* pisou, representam uma classe social marginalizada que realiza trabalhos considerados indignos pelo resto da sociedade, como a recolha de lixo e a limpeza de latrinas. Esta hierarquização é ilustrada na Figura 2.25 (BBC, 2017).

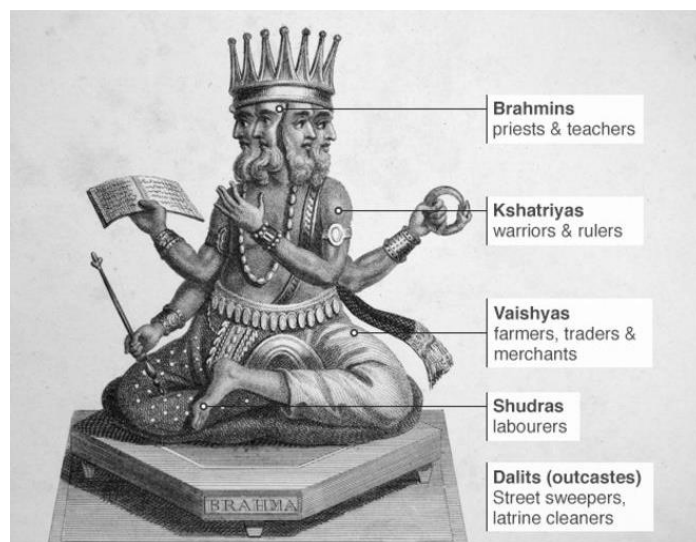


Figura 2.25 – Representação da hierarquia de castas praticada pelos hindus (Fonte: BBC, 2017)

À semelhança dos muçulmanos, os hindus, têm como impedimento religioso contactar com fezes, no entanto alguns membros da casta mais baixa (*Dalit*) continuam a ser encarregues de esvaziar manualmente as latrinas dos membros da casta mais alta (*Brahmins*), apesar da proibição imposta pelo governo Indiano. Tal contribui para a crescente marginalização dos *Dalit*, que chegam a ser postos de parte pelo resto da sociedade hindu (Coffey et al., 2015).

Routray et al (2015) afirma que para os hindus, defecar ao ar livre é uma forma de “purificação”, que promove a sua saúde física e a limpeza do corpo. Os hindus que habitam em zonas rurais, geralmente não utilizam latrinas pessoais (dedicadas apenas a uma habitação), mesmo quando oferecidas pelo governo ou pagas a preço simbólico. Isto ocorre porque as latrinas oferecidas pelo governo têm frequentemente covas/reservatórios de pequena dimensão, que de tempo a tempo têm de ser esvaziados. Ora, para os hindus o acto de esvaziar a latrina é visto como poluidor, tornando a própria latrina como uma fonte de poluição a nível religioso e não fisicamente suja (Seymour e Hughes, 2014). Por outro lado o governo Indiano, apesar de ter proibido o esvaziamento manual de latrinas, não criou instituições encarregues da limpeza de latrinas, pelo que o esvaziamento continua a ser realizado manualmente por pessoas pertencentes à casta mais baixa (Coffey et al., 2015).

As comunidades rurais hindus, por outro lado, encontram-se receptivas à implementação de instalações sanitárias que estejam afastadas das suas casas em pelo menos 25 pés (aproximadamente sete metros e meio), desde que não tenham de se encarregar do seu esvaziamento (Heijnen et al., 2014).

2.10. Economia da água

2.10.1. Enquadramento do valor económico dos Serviços dos Ecossistemas

Os ecossistemas naturais proporcionam benefícios amplamente reconhecidos, no entanto, muitas vezes mal compreendidos. Torna-se cada vez mais claro que os ecossistemas naturais sofrem uma grande pressão em todo o mundo devido ao crescente aumento da população e conseqüente aumento da procura de recursos. O crescimento da população humana traduz-se numa pressão acrescida sobre os ecossistemas naturais, através do uso dos solos, do consumo em demasia de recursos, nomeadamente da água doce, entre outros (World Bank, 2005; Young e Loomis, 2014).

Até meados da década de 90, a maioria dos países da OCDE tinha adoptado o controlo institucional directo sobre o uso dos recursos naturais, como principal instrumento de política ambiental, sendo criadas estruturas governamentais viradas para a regulamentação e fiscalização das actividades nocivas aos ecossistemas (Martins, 2004). O reconhecimento de que o excesso de exploração dos recursos naturais pode levar à sua rotura, contribuiu para a valorização da economia como instrumento de gestão e das políticas ambientais como instrumentos de regularização. Por conseguinte, mais tarde, surgiu uma nova dimensão na gestão dos recursos naturais: a sustentabilidade da economia, isto é, a gestão economicamente

racional dos recursos, que é hoje em dia a essência do desenvolvimento sustentável e do progresso económico (Amin e Barros, 2007).

Esta nova dimensão da gestão de recursos começou a ser realizada com base em instrumentos de comando e controlo ou de instrumentos económicos. A instrumentação de comando e controlo baseia-se na aplicação de instrumentos de regulação directa que forçam os agentes económicos a adoptar comportamentos adequados através de normas, proibições, quotas e licenças impostas pela Autoridade Ambiental. A instrumentação económica permite regular o comportamento dos agentes através da criação de mercados e pagamentos pelos serviços de ecossistemas (Araújo, 2013).

As políticas públicas direccionadas para o fornecimento e para a qualidade de água são imprescindíveis e podem originar consequências económicas muito significativas para a população. Em diversas partes do mundo não existem políticas de gestão para os recursos hídricos e, quando existem, por vezes, encontram-se mal elaboradas, o que conduz à má gestão do recurso natural. A má gestão do recurso natural, por sua vez, conduz com frequência ao declínio da sua qualidade, aumentando os surtos de doenças da população e danificando os ecossistemas (Young e Loomis, 2014).

A valorização económica dos bens e dos serviços de ecossistemas surge então, como uma forma de simplificar, não só a gestão de serviços, como também a priorização das funções que desempenham, sem nunca descurar a conservação dos ecossistemas e a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar da população.

2.10.2. Valor económico da água

Quando um recurso, nomeadamente a água, existe de forma ilimitada, considera-se gratuito no sentido económico do termo; isto traduz que o recurso só adquire valor económico a partir do momento em que a sua oferta é menor do que a sua procura (Ward e Michelsen, 2002).

Para que a gestão da água seja realizada de forma correcta, evitando gastos desnecessários é fundamental que ocorra a sua valoração económica. Esta visão ajuda os decisores na escolha entre diferentes políticas de regulação e de controlo, que permitem a protecção dos recursos naturais ao mesmo tempo que contribuem para a melhoria do bem-estar da população (Muradian et al., 2010; UNEP, 2011). Contudo, a valoração económica dos recursos naturais e dos serviços ecológicos não é uma tarefa simples nem intuitiva, uma vez que existem diversos aspectos alvo de discórdia (Bakker e Matsuno, 2001; Gleick e Palaniappan, 2010).

Esta discórdia provém frequentemente de opiniões formadas a partir de pressupostos socioculturais e religiosos. Isto é, a quantia razoável para pagar por determinado bem ou serviço ecológico irá variar consoante diversos aspectos sociais, culturais e religiosos presentes no quotidiano de cada individuo (World Bank, 2005). Em culturas e religiões em que é atribuído um significado simbólico ou sagrado à água, será mais complicado atribuir-lhe um valor económico, pois aos olhos da população não é possível atribuir um preço a esse recurso (Gleick e

Palaniappan, 2010). Por outro lado, indivíduos com rendimentos diferentes terão disponibilidades diferentes para pagar o seu consumo de água (Bakker e Matsuno, 2001).

Em Portugal e nos restantes Estados-membro da União Europeia, a Directiva Quadro da Água enquadra a política comunitária para o uso da água. Respeitando esta Directiva, os Estados-membro devem ter definida uma política de preços com o intuito de recuperar custos e proporcionar incentivos aos consumidores para a utilização eficiente da água (Parlamento Europeu, 2000).

Em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, os recursos naturais podem desempenhar um papel muito importante na economia das famílias. No entanto, nestas zonas os bens e os serviços ecológicos não são valorizados economicamente, com frequência (Wiggins e Proctor, 2001), o que pode conduzir à limitação da utilização dos diversos bens e serviços fornecidos pelos ecossistemas, que muitas vezes não vêem investimentos dedicados à sua exploração. Desta falta de valoração económica pode surgir, para além do desconforto e da diminuição de qualidade de vida da população, danos no ecossistema (Cavendish, 2003).

A OMS afirma que existe uma correlação entre a pobreza de alguns países e a falta de condições de abastecimento de água e de saneamento. Em diversas regiões em que houve investimento ao nível do abastecimento de água potável e do saneamento, verificou-se um rápido crescimento económico, uma vez que os custos com cuidados de saúde, que superavam em larga escala os custos de investimento, reduziram significativamente (Gorchev e Ozolins, 2011). Estima-se que por cada dólar investido na provisão de água se geram benefícios em saúde na ordem dos quatro a doze dólares (UNICEF e WHO, 2017).

A água é necessária para o cultivo de alimentos, pelo que uma melhoria no seu acesso por parte da população de países em vias de desenvolvimento poderia conduzir à redução da desnutrição da população. O facto da população ter acesso a água segura e alimentação certa poderia melhorar a sua saúde, o que, por sua vez, e a longo prazo, iria permitir o desenvolvimento e crescimento económico do país (Gleick e Palaniappan, 2010).

2.10.3. Preço da água

O investimento em sistemas adequados de abastecimento de água segura e as consequentes melhorias proporcionadas no campo da saúde, dão origem a vantagens económicas significativas, abrindo caminho para políticas de acção urgentes (Liu et al., sem data; WWF, 2017). A instalação de uma unidade básica de abastecimento de água potável e uma latrina funcional com um tempo de vida de dez anos, pode custar tão pouco como 70 libras por pessoa (aproximadamente 79 euros por pessoa). Através de medidas como esta poderiam salvar-se cerca de 315 mil crianças por ano e melhorar-se significativamente a sua nutrição (WaterAid, 2016).

O preço cobrado pela água de abastecimento varia bastante consoante a zona do globo em que nos encontramos. Na Figura 2.26 é possível observar a discrepância entre os preços de 50 litros

de água (valor mínimo aconselhado pela OMS para captação diária) em cinco zonas diferentes do mundo e a sua comparação a um salário típico diário baixo.



Figura 2.26 - Discrepâncias entre o preço de 50 litros de água em cinco zonas diferentes: Papua Nova Guiné, Madagáscar, Gana, Moçambique e Reino Unido (Fonte: WaterAid, 2016)

Enquanto no Reino Unido 50 litros de água correspondem a 0,1% do salário mínimo, na Papua Nova Guiné a mesma quantidade de água custa 54% do salário mínimo. O que se passa na Papua Nova Guiné é a realidade de muita gente em diversas partes do mundo. Os elevados preços praticados, especialmente em países em vias de desenvolvimento, conduzem a um condicionamento ao acesso a água potável. Este problema pode estar na base das crises mundiais que se vivem actualmente, nomeadamente fome, guerra, crises económicas, retardamento no crescimento económico de países em desenvolvimento, entre outros (WaterAid, 2016).

2.11. Conceitos relevantes

Nos últimos anos, a par do crescimento populacional, da expansão da actividade do ser humano e mais recentemente das alterações climáticas, a escassez de água tem vindo a afectar fortemente diversas regiões do mundo (Gosling e Arnell, 2016; Guarino, 2017; WWF, 2017).

A atribuição de um valor económico à água pode ser uma forte medida de controlo e prevenção para a correcta gestão e utilização do recurso (Muradian et al., 2010; UNEP, 2011). Por outro lado é preciso ter em conta que o acesso a água potável é um direito humano, pelo que deverá existir um compromisso entre os preços praticados e as possibilidades da população (OMS, 2018; WWF, 2017).

A ineficiência da gestão de água é um dos grandes responsáveis pela escassez de água mundial (Ashoori et al., 2017; Porkka et al., 2016). Nos países em vias de desenvolvimento a ineficiência da gestão dos serviços de água de abastecimento e de saneamento deve-se a três grandes aspectos: a falta de investimento em infra-estruturas, a inexistência de instituições encarregues da gestão destes serviços e desigualdades sociais profundas (WaterAid, 2016). Para ultrapassar estes obstáculos, é necessário investir em infra-estruturas e criar entidades gestoras responsáveis pelo controlo e gestão do sector da água, a par do combate à exclusão social (World Bank, 2016).

Os métodos de tratamento de água utilizados em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento são maioritariamente três: Desinfecção solar natural, filtração com areia ou cerâmica e cloragem (Pandit e Kumar, 2015). Nenhum destes três métodos é suficiente para garantir uma qualidade de água segura e recomendada pelo documento produzido pela OMS, “*Guidelines for Drinking-water Quality*” (Dutta et al., 2016). Desta forma, é necessário investir na pesquisa e na investigação de novos métodos, económicos, simples e eficazes para garantir o fornecimento de água potável segura com qualidade (Doris Van Halem, 2014).

No que diz respeito ao saneamento nos países em vias de desenvolvimento, ainda existe uma enorme necessidade de construção de infra-estruturas adequadas e dignas, especialmente nas zonas rurais e periurbanas (World Bank, 2016). Existe também, para além da falta de infra-estruturas e de instituições encarregues da sua gestão e manutenção, uma enorme necessidade em educar e sensibilizar a população para a importância da higiene pessoal (WaterAid, 2016). Só desta forma poderá acabar-se com práticas como a da defecação ao ar livre, que ainda é exercida por aproximadamente 12% da população mundial (UNICEF e WHO, 2017).

Os métodos de saneamento mais utilizados em contexto rural e periurbano são respectivamente lagoas de macrófitas e fossas sépticas. Ultimamente têm sido dinamizados diversos projectos de implementação de digestores anaeróbios em comunidades rurais de países em vias de desenvolvimento. Os designs de reactores mais utilizados são o UASB, o digestor de cúpula fixa Chinês, o digestor de tambor flutuante Indiano e o digestor de fluxo tipo saco (Abdelgadir et al., 2014; Cheng et al., 2014; Lettinga e Hulshoff, 1992; Surendra et al., 2014).

Os poucos cuidados com a higiene pessoal e as infra-estruturas de abastecimento de água e de saneamento desadequadas, contribuem fortemente para a propagação rápida de doenças (Prüss-Ustün et al., 2014; UN, 2016). Actualmente as doenças diarreicas, causadas pela ingestão de água contaminada e pela falta de saneamento adequado, são a segunda maior causa de mortes infantis (WaterAid, 2016). Para evitar este desfecho no futuro é necessário investir em infra-estruturas de abastecimento de água e de saneamento adequadas, aliadas a uma política de sensibilização para a importância da higiene pessoal (ONU, 2012).

É importante conduzir estudos junto das comunidades, para aferir quais as suas necessidades, e quais as suas crenças e tradições socioculturais e religiosas, de forma a construir instalações e equipamentos viáveis do ponto de vista do utilizador (Uddin et al., 2014).

3. Metodologia

3.1. Enquadramento

A metodologia adoptada na presente dissertação baseou-se em quatro tópicos, considerados mais relevantes, e sintetizados na Figura 3.1.

Revisão Bibliográfica	<ul style="list-style-type: none">• Enquadramento teórico da problemática a nível global – Escassez de água, implicações socioculturais, gestão de água (abastecimento e saneamento) e suas influências na economia, saúde e educação.• Análise de soluções já existentes ou em fase de experimentação.
Definição de Indicadores e Critérios	<ul style="list-style-type: none">• Definição de necessidades da comunidade a suprir.• Aferir limitações culturais, religiosas e locais.• Definição de indicadores com base nos relatórios elaborados pelas Nações Unidas.• Definição de critérios para o desenvolvimento e implementação das instalações.
Entrevistas com Actores-Chave	<ul style="list-style-type: none">• Recolha de informação com base na experiência e nas vivências dos entrevistados.• Aferir aplicabilidade e viabilidade das instalações.• Obter validação.
Desenvolvimento do Equipamento	<ul style="list-style-type: none">• Modelo de previsão de produção de biogás.• Realização de um protótipo do sistema de filtração de água de abastecimento.• Realização de desenhos em <i>AutoCAD</i>.• Realização de uma lista de recomendações destinadas ao uso e implementação correcta da instalação.

Figura 3.1 - Metodologia adoptada para o desenvolvimento da dissertação

Os tópicos sintetizados na Figura 3.1, são abaixo explicitados:

Revisão bibliográfica:

Foi elaborada, em primeiro lugar, uma pesquisa bibliográfica com o intuito de realizar um enquadramento teórico acerca da problemática em análise. Estudou-se a problemática da escassez de água, a gestão do sector da água (abastecimento e saneamento) a nível mundial, as implicações socioculturais implícitas na implementação e no uso de instalações sanitárias e a influência da gestão da água na economia, saúde e educação, com especial destaque ao nível das comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento. Analisaram-se, de seguida, algumas das soluções já existentes, nesses países, a nível de sistemas de tratamento de águas de abastecimento e de saneamento de águas residuais.

Definição de indicadores e critérios:

Numa segunda fase, estudou-se um conjunto de grupos populacionais considerados de maior relevância, de forma a que as limitações culturais, religiosas e locais, da maioria destas comunidades, não representassem um obstáculo à implementação das instalações em análise. Este estudo sociocultural permitiu uma abordagem transversal às diversas comunidades existentes, um pouco por todo o globo.

Com base nos relatórios elaborados pela Organização das Nações Unidas, definiu-se um conjunto de indicadores necessários para a elaboração e posterior implementação da instalação em comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento. Através dos indicadores seleccionados e da identificação das necessidades básicas da população em estudo, foi possível desenvolver critérios essenciais à concepção das instalações sanitárias.

Entrevistas com actores-chave:

Para valorizar o trabalho realizado no âmbito desta dissertação, conduziram-se entrevistas a um grupo de actores-chave, com o intuito de aferir se o esboço inicial da instalação respondia às necessidades básicas das comunidades. Os actores-chave partilharam o seu testemunho pessoal e foram posteriormente colocadas algumas questões, orientadas através de um guião previamente preparado e apresentado no Anexo I. No seguimento das entrevistas surgiram novas questões e novas ideias que são abordadas com maior detalhe no capítulo 5 – Entrevistas com actores-chave.

Desenvolvimento da instalação:

Numa última fase, depois de analisadas as informações obtidas através das entrevistas aos actores-chave, iniciou-se a concepção detalhada da instalação. A concepção da instalação dividiu-se em dois grandes tópicos: o tratamento da água para consumo e a gestão das águas residuais.

Para o tratamento da água destinada ao consumo humano testou-se a hipótese de utilizar um módulo de membranas de osmose inversa com um mecanismo manual de bombagem de água.

No que diz respeito à gestão das águas residuais assumiu-se um processo de digestão anaeróbia do efluente bruto. Para tal procedeu-se à construção de um modelo sustentado por artigos científicos que comprovam a viabilidade e eficiência do processo recorrendo à ferramenta *Microsoft Excel*. Neste segundo caso, não se realizou nenhuma actividade experimental, uma vez que estas exigem tempos de estudo extensos para a validação de resultados e que já existem diversos estudos que comprovam a viabilidade da aplicação da digestão sem aquecimento de lamas geradas a partir de efluente doméstico bruto.

Por fim estudaram-se com mais pormenor dois casos de estudo – uma aldeia rural no Bangladesh e um musseque no Quénia – com vista à obtenção de resultados mais fiáveis. Foram ainda desenvolvidas algumas recomendações destinadas à correcta implementação da instalação sanitária e desenhos em *AutoCAD* para facilitar a sua visualização.

3.2. Desenvolvimento do protótipo de filtração de água

De forma a assegurar o fornecimento de água potável adequada ao consumo humano, estudou-se a possibilidade de realizar a filtração de água por via de um módulo de membranas de osmose inversa de 75 GPD (aproximadamente 12 L/h), operada através de uma bomba manual, sem necessidade de recorrer a energia eléctrica. Assim sendo, construiu-se um protótipo, apresentado na Figura 3.2, de forma a entender se esta abordagem seria viável e quais as suas principais limitações

O protótipo construído permite a recolha de água na fonte (superficial ou subterrânea) através de uma bomba de sucção (C). A água recolhida é armazenada no reservatório (A) e posteriormente conduzida ao módulo de membranas (B) através da bomba de pressão presente em (A). A água filtrada segue depois para o reservatório (D), servindo esta para realizar a limpeza contracorrente do módulo de membranas. Uma vez cheio, o reservatório conduz a água em excesso à torneira de recolha de água filtrada (I).

De forma a reduzir ao mínimo as variações de pressão a que se sujeitou o módulo de membranas, adaptou-se um pulverizador de pressão (A), utilizado frequentemente na agricultura, para bombar a água a uma pressão constante de 3 bar ao longo do módulo de membranas (

Figura 3.3).

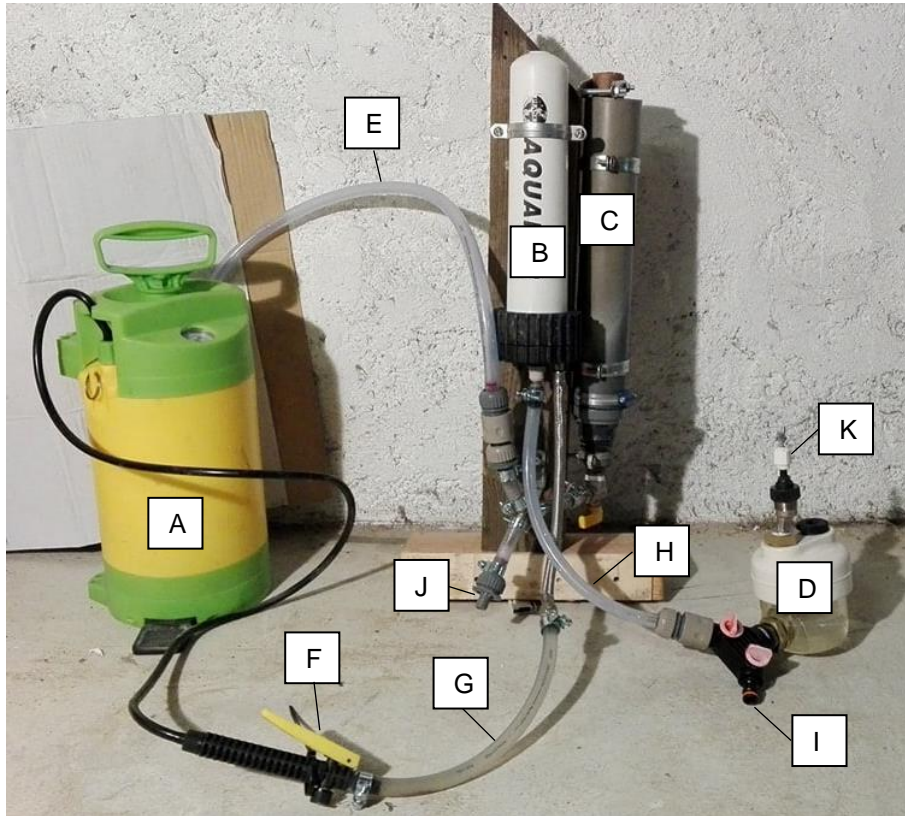


Figura 3.2 – Protótipo de sistema de filtração de água para consumo

Legenda:

A – Reservatório e bomba de pressão | B – Suporte do módulo de membranas | C – Bomba de sucção | D – Reservatório de recolha de água para limpeza contracorrente | E – Efluente bruto | F – Torneira de controlo de pressão | G – Efluente bruto | H – Efluente tratado | I – Torneira para recolha de água potável | J – Entrada do efluente bruto | K – Válvula de controlo de pressão.



Figura 3.3 – Módulo de membranas de osmose inversa de 75 GPD (aproximadamente 12 L/h) utilizado no processo de filtração de água

A amostra de água utilizada para a realização dos testes de qualidade foi recolhida de um poço sem qualquer controlo de qualidade. A amostra de água recolhida foi posteriormente contaminada com fezes de cão, para assegurar a existência de uma forte contaminação fecal. A amostra do efluente bruto utilizado é apresentada na Figura 3.4.



Figura 3.4 – Amostra de efluente bruto utilizado na realização dos testes de qualidade do processo de filtração de água

As amostras recolhidas (Figura 3.5) foram posteriormente enviadas para laboratório acreditado onde se realizaram análises microbiológicas e físico-químicas ao efluente bruto e ao efluente tratado. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: condutividade, dureza total, pH e cálcio. Estes parâmetros foram seleccionados para aferir qual o impacto do processo de filtração através de membranas de osmose inversa na alteração da dureza da água filtrada. Os parâmetros microbiológicos analisados foram: *enterococos*, bactérias coliformes, *clostridium perfringens*, *escherichia coli*, colónias a 22°C e colónias a 36°C.



Figura 3.5 – Amostras de efluente bruto (à esquerda) e de efluente tratado (à direita) enviadas para laboratório

3.3. Desenvolvimento do modelo de produção de biogás

O modelo desenvolvido permite prever a produção diária de biogás e comparar esse resultado com as necessidades energéticas da população consoante as diferentes características das comunidades rurais e periurbanas. Para tal teve-se em conta factores como a localização geográfica, temperatura média anual, tipo de animais de criação e número dos mesmos, percentagem de captura dos dejectos dos animais, número de habitantes e habitações, que correspondem aos *inputs* do modelo inseridos pelo usuário. O modelo prevê também se é necessário adicionar água ao conteúdo do digestor para que o processo seja eficiente (pode ocorrer aquando da alimentação do digestor com estrume de animais de criação) e a quantidade de lamas geradas diariamente. As bases de construção do modelo encontram-se explicitadas no fluxograma apresentado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** Para facilitar a formulação do modelo recorreu-se à ferramenta *Microsoft Excel*.

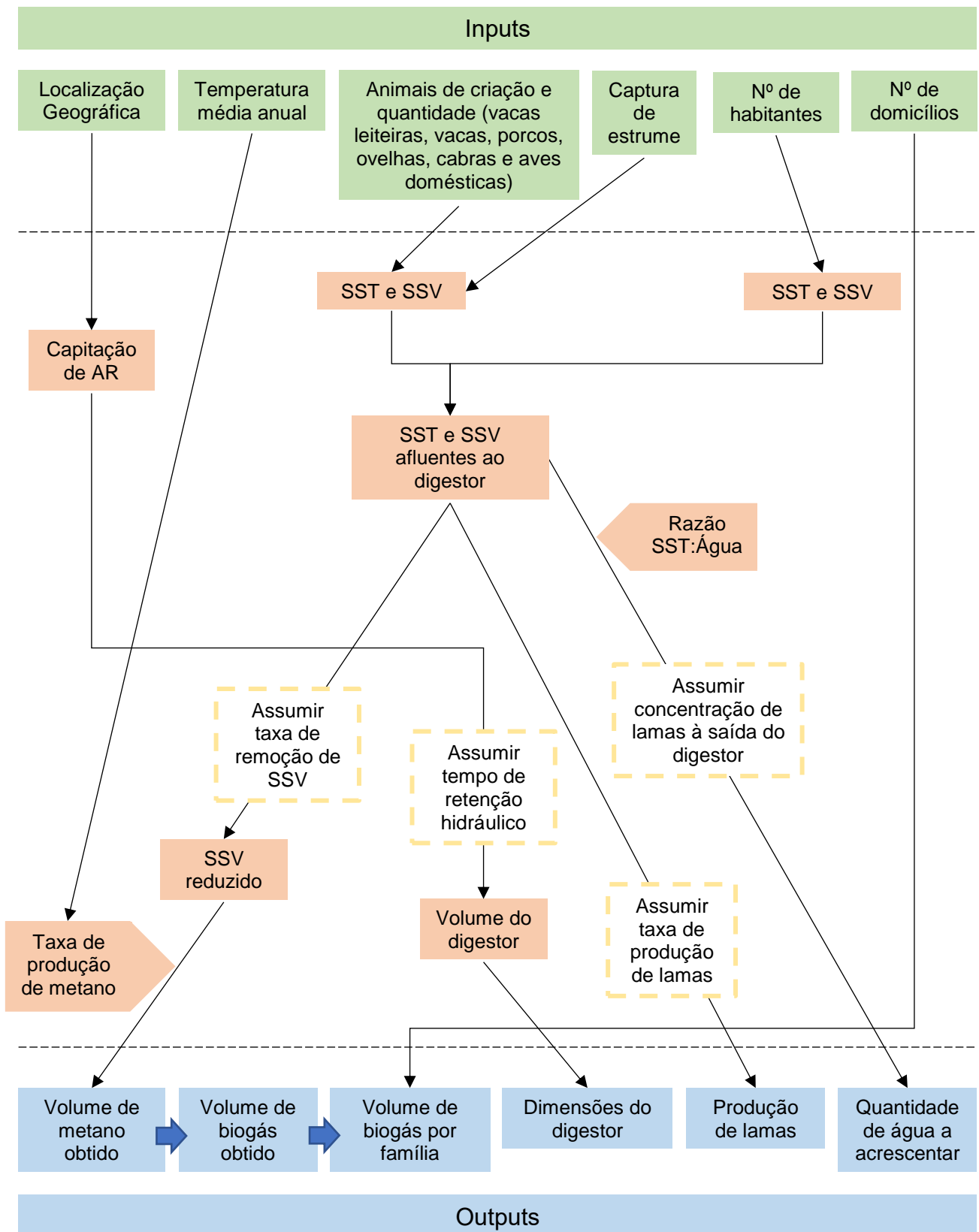


Figura 3.6 - Fluxograma da construção do modelo de previsão de produção de biogás e dimensionamento do digestor anaeróbio

3.3.1. Cálculos associados à construção do modelo

Estimativa da quantidade de biogás gerado

A construção do modelo baseou-se na utilização de seis *inputs* (localização geográfica, temperatura média anual, animais de criação, captação de estrume, número de habitantes e número de habitações). A produção diária de biogás é calculada com base na quantidade de SSV reduzido. A quantidade de SST e SSV afluyente ao digestor é estimada, por sua vez, com base no tipo de alimentação do digestor nomeadamente estrume de animais de criação e/ou águas residuais geradas pela população. A quantidade de estrume captado pode ser variável consoante a disposição dos animais (se estes estão confinados a um espaço reduzido ou se andam à solta) e é inserida no modelo sob a forma de uma percentagem.

As equações associadas à estimativa do SSV reduzido pelas bactérias metanogénicas são em seguida indicadas:

$$SSV_s = (1 - tx\ remoção) \times SSV_a \quad (1)$$

$$SSV_r = SSV_a - SSV_s \quad (2)$$

Onde:

SSV_s = SSV solúvel (kg/m^3);

Tx remoção = taxa de remoção de SSV (s.u.);

SSV_a = SSV afluyente (kg/m^3);

SSV_r = SSV reduzido (kg/m^3);

Lettinga e Hulshoff (1992) assume uma taxa de remoção de SSV de 60% em reactores sem aquecimento de lamas.

A produção diária de metano (CH_4) foi calculada com base na equação 3. A taxa de produção de metano é estimada consoante a temperatura média anual. A tabela auxiliar ao modelo que relaciona a taxa de produção de metano a partir da quantidade de SSV reduzido com a temperatura média anual é apresentada nos Anexo III.

$$CH_4\ produzido\ (m^3/dia) = taxa\ de\ produção\ de\ CH_4\ (m^3/kg.SSV) \times SSV_r\ (kg/dia) \quad (3)$$

Para determinar a energia gerada a partir do metano recorreu-se à equação 4. A massa volúmica do metano foi estimada com base na temperatura média anual e a capacidade energética do metano foi fixada em 50,1 kJ/g (Metcalf & Eddy, 2003).

$$E = CH_4\ produzido \times \rho_{metano} \times E_{metano} \quad (4)$$

Onde:

E = Energia gerada a partir do metano (kJ/dia);

CH_4 produzido = Quantidade de metano produzido (L/dia);

ρ_{metano} = Densidade do metano (g/L);

E_{metano} = Capacidade energética do metano (kJ/g).

A energia gerada a partir do metano, calculada em kJ, foi convertida para kWh, para facilitar a comparação com a energia necessária ao funcionamento dos equipamentos da instalação. Considerou-se que 1 kWh corresponde a 3600 kJ (Metcalf & Eddy, 2003).

A energia gerada a partir do metano foi posteriormente comparada com a energia necessária ao funcionamento de duas bombas de água, uma responsável pela elevação do efluente bruto desde a origem até um reservatório e outra responsável por fazer circular o efluente bruto pelos módulos de membranas. Para tal calculou-se a potência eléctrica associada ao funcionamento de uma bomba centrífuga, através da equação 5.

$$P_{\text{eléctrica}}(\text{cv}) = \frac{P_{\text{hidráulica}}(\text{cv})}{\eta/100} \quad (5)$$

Onde

$P_{\text{eléctrica}}$ = Potência eléctrica (cv);

$P_{\text{hidráulica}}$ – Potência hidráulica (cv);

η = Rendimento (%).

De seguida, converteu-se a potência eléctrica de cv para kW, considerando que 1 kW corresponde a 1,36 cv (Loureiro, 2013). Posteriormente, multiplicou-se a potência eléctrica em kW pelo tempo de funcionamento (cerca de 10 horas/dia) obtendo assim a energia eléctrica necessária em kWh.

Os resultados obtidos para a estimativa de biogás são posteriormente comparados pelo modelo com os requisitos mínimos energéticos destinados à iluminação e confecção de refeições por habitação (Tabela A.4, apresentada no Anexo III) e à auto-suficiência da instalação comunitária.

A captação de águas residuais é estimada com base na localização geográfica da comunidade e é utilizada para o cálculo do caudal diário afluente ao digestor. Posteriormente, o modelo prevê se existe necessidade de adicionar água à mistura para tornar o processo mais eficiente e qual a quantidade de água necessária. Para a realização desta previsão, o modelo assume uma concentração final de lamas à saída do digestor de 6 % (correspondente a 94 % de teor de humidade). Esta assunção permite definir qual a razão sólidos totais/água, necessária para atingir a concentração de lamas definida à saída do digestor. Desta forma, é possível aferir se é necessário adicionar água ao digestor, bem como a quantidade de água a adicionar. Sendo que o presente estudo contempla não só a gestão dos resíduos gerados pelos animais de criação, mas também a gestão das águas residuais domésticas oriundas da actividade da população, a necessidade de adição de água ao digestor será improvável

A produção de lamas é estimada, tendo em conta uma taxa de produção de lamas expressa em quilos de SST. Em reactores sem aquecimento de lamas Lettinga e Hulshoff (1992) assumem uma taxa de produção de lamas de 0,1 kg.SST/m³ digestor.

Dimensionamento do digestor

O volume do digestor é calculado com base no tempo de retenção hidráulico, através da seguinte equação:

$$V (m^3) = Trh(dias) \times Q (m^3/dia) \quad (6)$$

Onde:

V = Volume do reactor (m³)

Trh = Tempo de retenção hidráulico (dias)

Q = Caudal afluyente ao digestor (m³/dia)

Considerou-se um tempo de retenção hidráulico de 20 dias. Metcalf & Eddy (2003) afirma que a altura do colector de gás varia entre um e dois metros, enquanto a altura do reactor varia entre os cinco e sete metros.

As tabelas auxiliares aos cálculos do modelo são apresentadas nos Anexo III.

4. Critérios e limitações para a implementação da instalação

4.1. Enquadramento

A correcta concepção da instalação exige, para além da dimensão técnica, um estudo prévio das implicações socioeconómicas, culturais e religiosas das comunidades em foque. Uma vez que a presente dissertação tem como principal objectivo tornar as instalações desenvolvidas o mais abrangentes possível, no que se refere à sua adopção pelas comunidades rurais e periurbanas existentes em países em vias de desenvolvimento, são abordadas características generalistas ou considerados mais limitantes do ponto de vista dos utilizadores presentes nas comunidades rurais e periurbanas, que se inserem em aglomerados religiosos e culturais mais abrangentes com características semelhantes.

Para além das limitações acima mencionadas importa também analisar as limitações locais, isto é, definir qual o conjunto de condições naturais necessárias à correcta implementação da instalação. Para tal, estudaram-se aspectos como o clima, a disponibilidade hídrica e a qualidade da água, de onde resultou um enquadramento geográfico, representativo das zonas do globo em que a instalação poderá ser implementada.

Para facilitar a caracterização das zonas em que a implementação da instalação sanitária é viável, bem como o reconhecimento das limitações inerentes à sua implementação e utilização, recorreu-se a um conjunto de indicadores seleccionados com base em relatórios elaborados pela Organização das Nações Unidas. A discussão destes indicadores é realizada ao longo deste capítulo.

4.2. Principais limitações socioeconómicas, culturais, religiosas e locais

4.2.1. Limitações socioeconómicas

Em zonas rurais de países em vias de desenvolvimento os recursos naturais desempenham um papel muito importante na economia familiar, já que o rendimento salarial da população é geralmente muito baixo e, por vezes, inexistente. Em zonas periurbanas, o baixo rendimento salarial mantém-se, e existe uma carência muito grande de água e alimento, frequentemente mais evidente do que nas zonas rurais. O baixo rendimento da população ocorre em grande parte devido ao fraco desenvolvimento socioeconómico do país, associado à má gestão dos recursos e à estruturação débil dos serviços públicos. A falta de verbas direccionadas para o investimento em infra-estruturas e para os serviços de abastecimento de água e saneamento, por sua vez, dificultam o desenvolvimento e a progressão económica do país. Disto resulta que o direito ao serviço de água para consumo com qualidade e ao saneamento, necessidades básicas urgentes, não sejam devidamente providenciadas à população.

A inexistência de verbas direccionadas para a criação de instituições gestoras e de regimes de gestão eficazes é também um grande obstáculo à implementação dos serviços de abastecimento de água, destinada a consumo humano, e de saneamento. A inexistência destas instituições

conduz à degradação das infra-estruturas já existentes e dificulta a construção de outras necessárias.

Para contrariar os obstáculos acima enunciados é importante reduzir tanto quanto possível o custo associado ao investimento, manutenção e operação das instalações em estudo. Importa também aferir a viabilidade de aplicação de uma tarifa de utilização simbólica, sempre que possível, com o objectivo de suportar parte dos custos de manutenção e operação das instalações em estudo. Esta tarifa deverá ser fixada com base nos rendimentos da população, de forma a atingir-se um valor justo e aceitável. Deverão ser previstas alternativas para os casos em que a população não tenha possibilidade de pagar uma tarifa de utilização.

Índice de desenvolvimento humano (IDH)

O índice de desenvolvimento humano (IDH) permite quantificar o nível de desenvolvimento de um país através da análise de indicadores inseridos em três dimensões: saúde, educação e padrão de vida. Os indicadores que lhe estão associados são quatro, distribuídos pelas três dimensões já mencionadas e apresentam-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Indicadores utilizados para o cálculo do índice de desenvolvimento humano

Dimensão	Indicador
Saúde	Esperança média de vida
Educação	Anos de escolaridade
	Média de anos de escolaridade
Padrão de vida	Rendimento nacional bruto per capita

Frequentemente os países com maior poder económico e com rendimentos médios mais elevados são os que apresentam melhor qualidade de saúde e ensino, apresentando conseqüentemente um IDH mais elevado. Isto ocorre porque todas as dimensões do IDH são satisfeitas.

A distribuição do índice de desenvolvimento humano no mundo em 2016, encontra-se representada pela Figura 4.1.

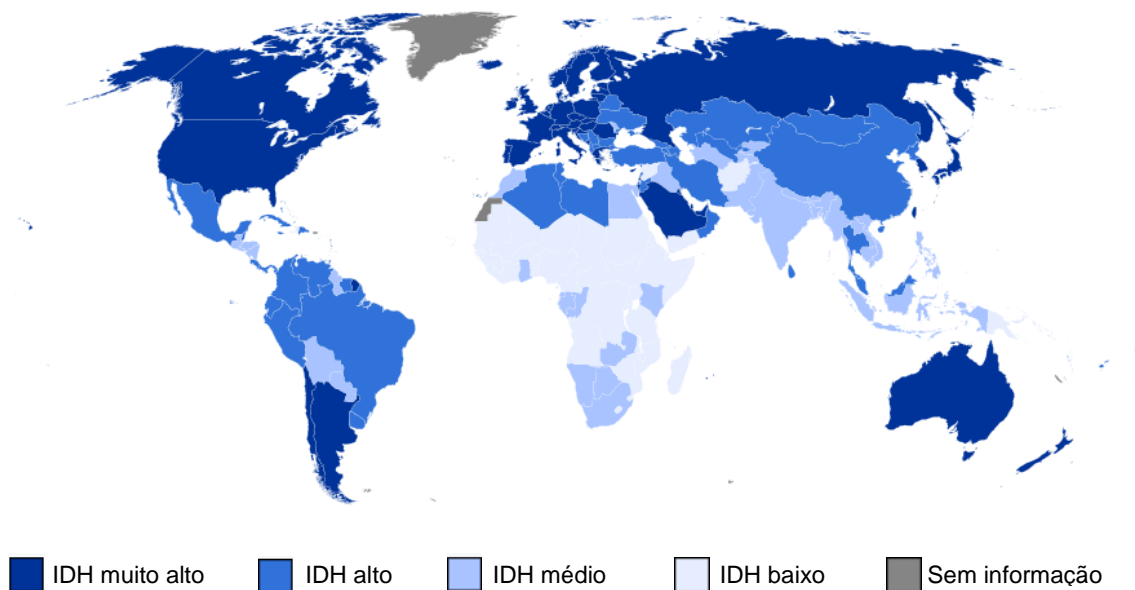


Figura 4.1 – Distribuição do Índice de desenvolvimento humano no mundo em 2016 (Fonte: UNDP, 2016)

Os países desenvolvidos têm IDH alto ou muito alto, e os países em vias de desenvolvimento apresentam um IDH médio ou baixo. Quanto maior o IDH de um país mais desenvolvido este se encontra. Assim, os tons de azul mais claro evidenciam os países em vias de desenvolvimento, que se concentram em maior quantidade no continente africano, seguido do continente asiático.

Índice de Pobreza Multidimensional (IPM)

O índice de pobreza multidimensional (IPM) avalia a pobreza aguda da população com base em três dimensões, saúde, educação e padrão de vida. Quantifica, não só o número de pessoas que vivem em condições de pobreza, como a intensidade da sua pobreza. Os indicadores que lhe estão associados são dez, distribuídos pelas três dimensões já mencionadas e encontram-se dispostos na Tabela 4.2.

Associado a cada indicador está um nível mínimo de satisfação, baseado nos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável. Quando o nível mínimo de satisfação de um indicador não é cumprido considera-se que existe privação. Quando o resultado do somatório dos indicadores comprova que existe privação (resultado superior a 33%), é aferida a intensidade de pobreza que tem em conta o número de pessoas consideradas pobres e a quantidade de privações por que passam.

Tabela 4.2 - Indicadores utilizados para o cálculo do índice de pobreza multidimensional e critérios utilizados para determinar existência de privação

Dimensão	Indicador	Privação	Peso do indicador
Educação	Anos de estudo	Nenhum dos membros do agregado familiar completou 5 anos de estudos	16,7%
	Número de crianças matriculadas	Pelo menos uma criança do agregado familiar em idade escolar não frequentou a escola (do 1º ao 8º ano)	16,7%
Saúde	Taxa de mortalidade infantil	Pelo menos uma criança do agregado familiar morreu	16,7%
	Nutrição	Pelo menos um indivíduo desnutrido no agregado familiar	16,7%
Padrão de vida	Acesso a electricidade	Não haver acesso a electricidade	5,6%
	Acesso a saneamento apropriado	Estrutura sanitária inadequada	5,6%
	Acesso a água potável limpa	Não ter acesso a água potável ou fonte de água distar a mais de 30 minutos a pé	5,6%
	Acesso a combustível para cozinhar	O combustível para cozinhar ser lenha, carvão ou esterco	5,6%
	Acesso a uma habitação com pavimento	Não haver pavimento e o piso ser de terra, areia ou esterco	5,6%
	Acesso a bens materiais	Não ter acesso a mais de um dos bens: televisão, rádio, telefone, bicicleta, mota, carro ou tractor	5,6%

Na Figura 4.2 observa-se a distribuição do índice de pobreza multidimensional em países em vias de desenvolvimento em 2016.

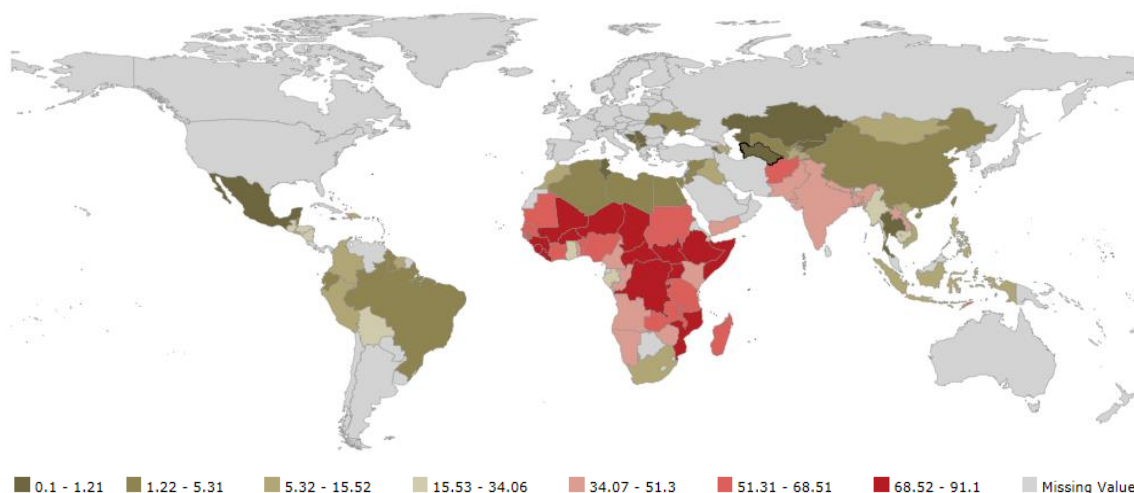


Figura 4.2 — Distribuição do Índice de pobreza multidimensional em países em vias de desenvolvimento em 2016 (Fonte: Oxford Poverty & Human Development Initiative, 2018)

Como esperado, os países com maior IPM concentram-se em maior quantidade no continente africano, seguido do continente asiático, coincidindo com as regiões que apresentam menor IDH.

4.2.2. Limitações culturais e religiosas

Limitações culturais e religiosas

Algumas características culturais e religiosas de comunidades rurais e periurbanas podem transformar-se em obstáculos à utilização de determinados equipamentos e instalações sanitárias. Assim, importa sempre realizar um estudo, *a priori* da implementação do equipamento sanitário, para aferir se existe algum impedimento cultural ou religioso que possa conduzir à não utilização do mesmo. A par da implementação da instalação sanitária deverão ser realizadas acções de formação e sensibilização com o objectivo de instruir a população acerca da sua manutenção e operação, bem como deverão ser abordados temas como a higiene e o perigo da propagação de doenças através da água e da falta de higiene.

Tendo em conta a importância do estudo cultural e religioso, e que não é possível estudar todas as religiões e culturas praticadas pelas comunidades rurais e periurbanas existentes no Mundo, destacaram-se os grupos religiosos que reúnem mais praticantes no Mundo: cristãos, muçulmanos e hindus. Importa frisar ainda que diversas comunidades seguem religiões tradicionais, que muitas vezes são aliadas a uma das três doutrinas enunciadas (cristianismo, islamismo e hinduísmo), dificultando a identificação de todos os potenciais obstáculos culturais e religiosos existentes.

Em consonância com a informação recolhida e apresentada na secção 2.9, referem-se de seguida as principais ou mais generalistas limitações, do ponto de vista do utilizador, no que diz respeito aos três grandes grupos populacionais analisados (comunidades rurais e periurbanas cristãs, muçulmanas e hindus).

Dos três grandes grupos analisados, as comunidades cristãs são as que apresentam menos características limitantes no que concerne ao uso e aceitação de instalações sanitárias. No entanto, estas comunidades apresentam, frequentemente, dificuldade em entender a relação entre doenças e o consumo de água imprópria, atribuindo-lhes por vezes uma explicação espiritual.

Por outro lado, as comunidades muçulmanas e hindus, apresentam maiores limitações perante a aceitação de instalações sanitárias. Ambas sentem repulsa por fezes e urina, devido a impedimento religioso e ambas mostram desagrado, na sua maioria, perante instalações do tipo *sanitize-and-reuse* e *drop-and-store*, preferindo sistemas do tipo *flush-and-discharge* e *flush-and-forget*. Porém, vários estudos (Coffey et al., 2015; Routray et al., 2015; Uddin et al., 2014) demonstram que diversas comunidades muçulmanas e hindus se encontram dispostas a utilizar sanitários do tipo *drop-and-store*, desde que não sejam responsáveis pelo esvaziamento do reservatório de águas residuais.

Para facilitar a aceitação de instalações sanitárias por parte destes dois grandes grupos de comunidades, importa prever a existência de repuxos de limpeza anal nos sanitários turcos.

A defecação ao ar livre é ainda uma prática bastante enraizada em grande parte das comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, sendo, inclusive, vista como uma forma de “purificação do corpo”. Este comportamento pode representar uma das principais causas de resistência à utilização de instalações sanitárias, pelo que se deverá apostar numa forte sensibilização da população.

Uma das grandes limitações culturais existentes actualmente, principalmente no que diz respeito à recolha de água em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, onde não existe qualquer tipo de sistema de distribuição de água potável, é a desigualdade de géneros. Em países em que a água é um bem escasso, são as mulheres e os adolescentes que desempenham o papel principal no abastecimento doméstico, na gestão e na protecção da água, chegando a deslocar-se a pé até 30 quilómetros para garantir o abastecimento diário de água potável à sua família. Isto ocorre porque a mulher ainda é vista pela maioria das comunidades, em especial pelas menos desenvolvidas, como a responsável pelas tarefas domésticas e pelos cuidados prestados à família.

Segundo o relatório de desenvolvimento humano de 2016 (UNDP, 2016) as mulheres africanas ainda desempenhavam cerca de 71% das tarefas de recolha de água. Quer isto dizer que as mulheres africanas dedicam uma parte considerável do seu tempo de vida a caminhar para recolher água.

É estritamente necessário criar instituições encarregues da gestão e manutenção destes equipamentos/instalações, a par da formação e sensibilização da população para o seu uso correcto e seguro. As escolas são um bom local para iniciar a implementação deste tipo de projectos, visto que os professores geralmente são pessoas receptivas e mais instruídas acerca da importância do abastecimento de água potável, do saneamento e da higiene. Desta forma, o

processo de implementação e adaptação das crianças e dos jovens é facilitado, iniciando depois uma transição mais simples, no decorrer da disponibilização das instalações e equipamentos à restante comunidade.

Por fim, é importante que a implementação da instalação em estudo seja realizada em zonas centrais às comunidades rurais e periurbanas, a curta distância das habitações, e que reúna condições necessárias para satisfazer as necessidades básicas da população, facilitando a deslocação entre as habitações e a instalação. É relevante que as diferentes actividades relacionadas com o uso de água (sanitários, duches e pontos de recolha de água) estejam próximas umas das outras, por forma a incentivar uma recolha de água com menor desigualdade de géneros. Isto é, uma vez que o homem é obrigado a deslocar-se até à instalação para utilizar o duche ou o sanitário, será mais fácil incentivá-lo à partilha de tarefas no que diz respeito à colecta de água, enquanto as quantidades de água transportadas são grandemente reduzidas.

Durante a concepção e implementação da instalação deverão ter-se em conta as informações acima mencionadas. Importa ter em conta que as limitações acima enunciadas resultaram de uma generalização, pelo que deverá sempre realizar-se um estudo cultural prévio em cada situação, para comprovar a viabilidade da utilização real da instalação.

4.3. Limitações locais

4.3.1. Enquadramento climático

O processo de digestão anaeróbia sem aquecimento é viável e eficiente segundo diversos autores (Abdelgadir et al., 2014; Lettinga e Hulshoff, 1992; Raboni et al., 2014), desde que se atinjam temperaturas médias superiores a 18°C. Por conseguinte é necessário realizar-se um estudo climático para aferir em que zonas do globo será viável implementar o processo de digestão anaeróbia.

Para tal analisaram-se dados de temperatura da superfície terrestre obtidos pelo MODIS¹ inserido no programa de observação espacial da Terra da NASA (NEO). A temperatura da superfície da terra é um bom indicador do balanço energético que ocorre à superfície da Terra, porque combina os resultados das interações superfície/atmosfera e os fluxos de energia entre a atmosfera e o solo. Estas medições são utilizadas em diversos estudos climáticos, hidrológicos, ecológicos e biogeoquímicos. As medições realizadas pelo MODIS são feitas no milímetro superior da superfície terrestre, incluindo terra nua, neve ou cobertura de gelo, áreas urbanas, terras agrícolas e florestas em condições de céu claro. Os resultados apresentados na Figura 4.3 são apresentados sob a forma mensal. Foram escolhidos quatro meses representativos do

¹ O MODIS é um instrumento presente nos satélites *Terra* e *Aqua*, utilizado para visualizar a superfície terrestre a cada 1 a 2 dias, adquirindo dados em 36 bandas espectrais. Este tipo de informação desempenha um papel vital no desenvolvimento de modelos globais e interactivos, capazes de prever mudanças globais com precisão suficiente para ajudar os agentes políticos a tomar decisões sólidas em relação à protecção dos ecossistemas.

ano de 2016 (ano mais recente com dados completos): março, junho, setembro e dezembro, um mês representativo de cada estação do ano.

Os valores de temperatura da superfície terrestre medidos em 2016 variaram entre -25°C e 45°C. As temperaturas mais baixas são representadas por tons de azul (-25°C a 0°C) enquanto as temperaturas mais elevadas são representadas por tons de cor-de-laranja e amarelo (25°C a 45°C). As zonas cobertas a preto não apresentam dados de temperatura da superfície terrestre.

A zona climática tropical pertence à classe A (clima tropical) da classificação climática de Köppen-Geiger, sendo subdividida em três subclasses: Af (clima equatorial, tropical de floresta ou equatorial húmido), Aw/As (clima tropical de estações húmida e seca ou tropical de savana) e Am.(clima tropical de monção ou monçónico). O regime de precipitação varia consoante a subclasse climática existente.

Nas regiões mais próximas do equador, em que se experiencia o clima equatorial (Af) a precipitação média mensal é superior a 60mm em todos os meses do ano, verificando-se geralmente uma fraca variabilidade de precipitação ao longo do ano e a inexistência de estações do ano. O clima tropical de savana (Aw/As) apresenta uma estação seca por ano em que a precipitação média mensal é inferior a 60mm em pelo menos um mês do ano. A estação seca pode ocorrer no Verão (As) ou no Inverno (Aw). Por último, o clima monçónico (Am) é caracterizado pela existência de monções, associadas a períodos de máxima precipitação. Em alguns casos, a maior parte da precipitação anual ocorre precisamente no período de monção. É comum encontrar este tipo de clima no sul da Ásia e no leste de África.

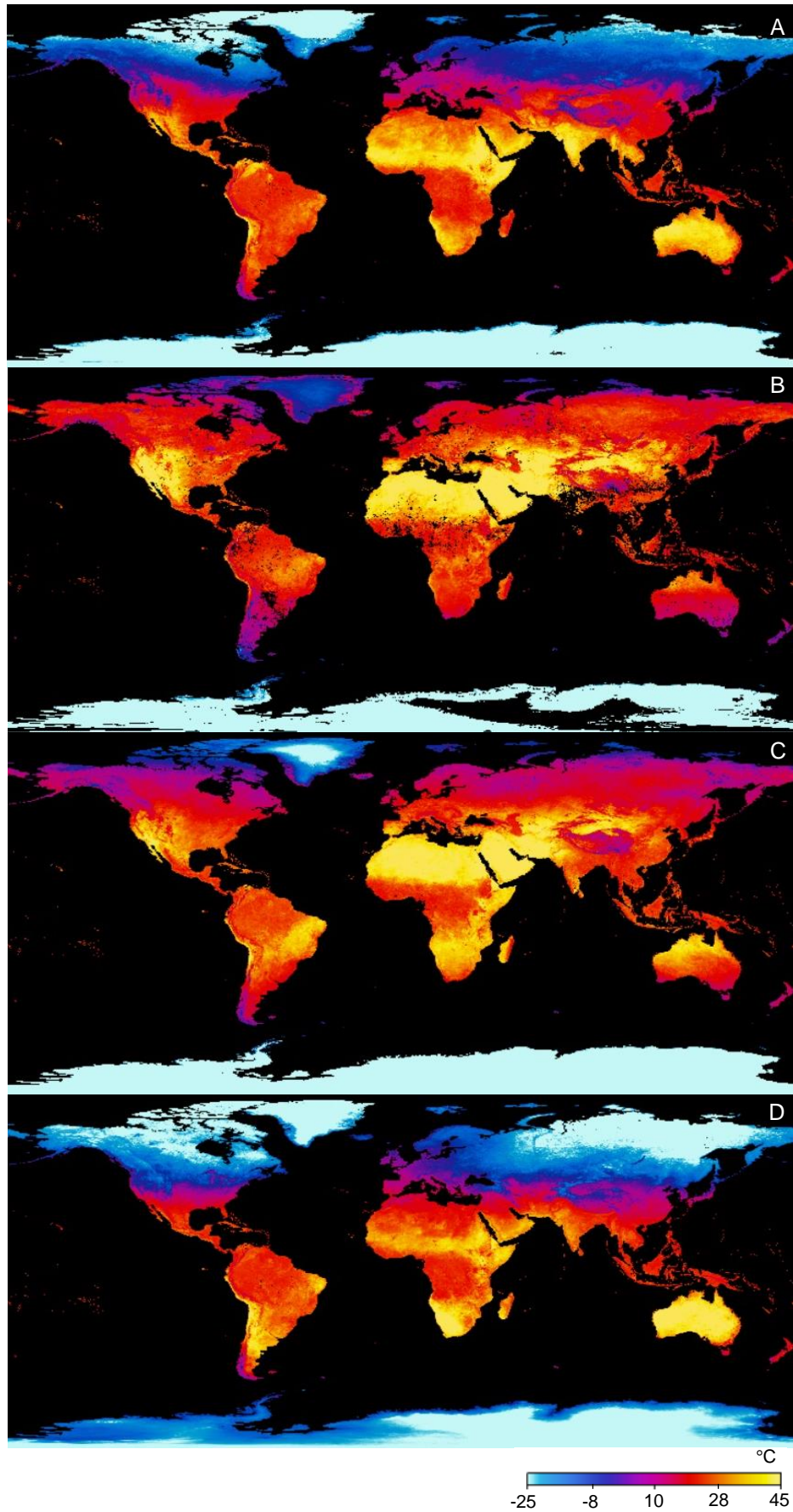


Figura 4.3 – Resultados das medições de temperatura da superfície terrestre obtidos pelo MODIS para os meses de março (A), junho (B), setembro (C) e dezembro (D) de 2016 (Fonte: NASA, 2016)

Como já referido anteriormente, para o processo de digestão anaeróbia sem aquecimento ser eficiente ao longo de todo o ano, é necessário que se atinjam temperaturas médias superiores a 18°C. Analisando os mapas de temperatura da superfície terrestre apresentados na Figura 4.3, destaca-se a zona quente ou tropical, assinalada na Figura 4.4, como zona do globo adequada à implementação do processo de digestão anaeróbia de efluente doméstico bruto sem aquecimento (limite das zonas climáticas).

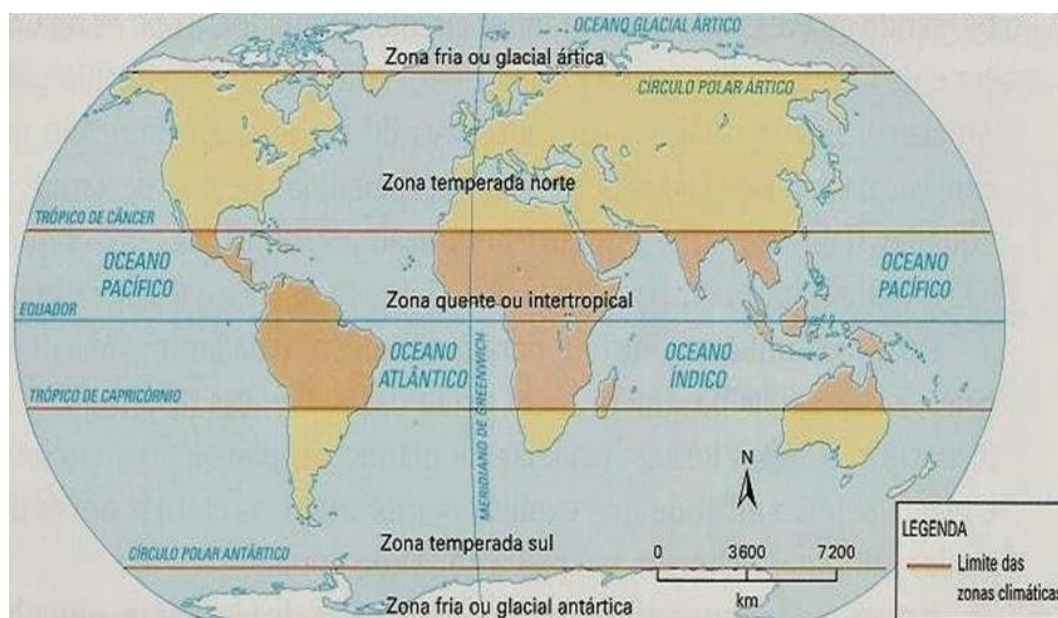


Figura 4.4 – Divisão de zonas climáticas do planeta Terra (Adaptado de: Robinson, 1995)

A zona temperada sul poderá vir a ser adequada à implementação da instalação sanitária em estudo, no entanto será necessário desenvolver medidas de intervenção para contornar as baixas temperaturas registadas entre junho e setembro, correspondentes ao período de inverno no hemisfério sul, para evitar o decréscimo da eficiência do processo de digestão nesta altura do ano.

4.3.2. Disponibilidade de recursos hídricos

A instalação sanitária em estudo requer a existência de água disponível para funcionar correctamente. A origem da água, pode ser superficial ou subterrânea. Assim sendo, para seleccionar a área geográfica adequada à implementação da instalação, foi necessário analisar a distribuição mundial de água doce, disponível em fontes de água superficiais ou subterrâneas e a sua capacidade de recarga. Para tal, recorreu-se a um trabalho de modelação hidrológica realizado pela *National Geographic* em 2010, que reúne dados mundiais recolhidos entre 1961 e 1990 pela NASA. Os dados recolhidos permitiram realizar a modelação da distribuição mundial dos rios em função do seu caudal médio e da distribuição das fontes de água subterrânea em função da sua capacidade de recarga, e cujos resultados se encontram respectivamente na Figura 4.5 e na Figura 4.6.

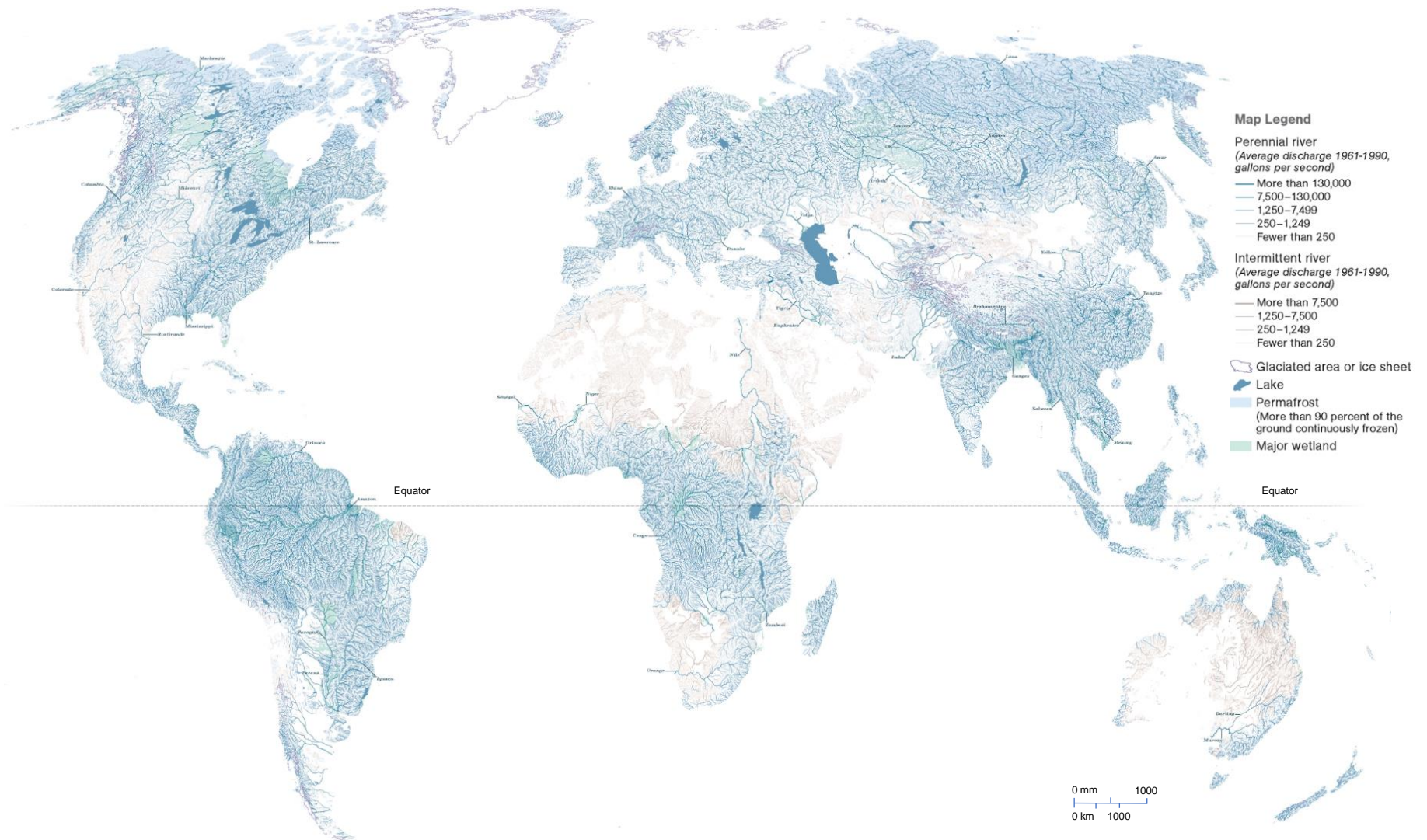


Figura 4.5– Mapa da distribuição mundial dos rios através do caudal médio (em galões por segundo) entre 1961 e 1990 (Adaptado de: Grosvenor et al., 2010)

Na Figura 4.5 observa-se a distribuição mundial das fontes de água superficial. Estas encontram-se representadas em função do caudal médio dos rios. As linhas em tons de azul representam rios perenes² e as linhas em tons de cinzento representam rios intermitentes³. As situações mais críticas do ponto de vista do caudal médio anual de rios são a Península Arábica, a África do Norte e do Sul e a Oceânia. Parte da China, da Argentina, do México e dos Estados Unidos também registam dificuldades no que concerne ao caudal médio dos rios.

Grande parte da água doce disponível tem origem subterrânea e existe em quase todo o mundo a profundidades variáveis. As fontes de água subterrâneas também contribuem para suportar o escoamento superficial, sendo frequentemente as principais contribuições para esse mesmo escoamento, nomeadamente nos períodos mais secos do ano. Desde meados do século XX, que a extracção de água a partir de fontes subterrâneas para uso humano acelerou exponencialmente, atingindo proporções insustentáveis, determinando que a capacidade de recarga das fontes de água subterrâneas mundiais, representada na Figura 4.6, viu-se afectada em grande parte do planeta. Como seria de esperar, as regiões do mundo mais afectadas coincidem com uma fracção das zonas em que se verifica uma menor disponibilidade em termos das origens de água superficial.

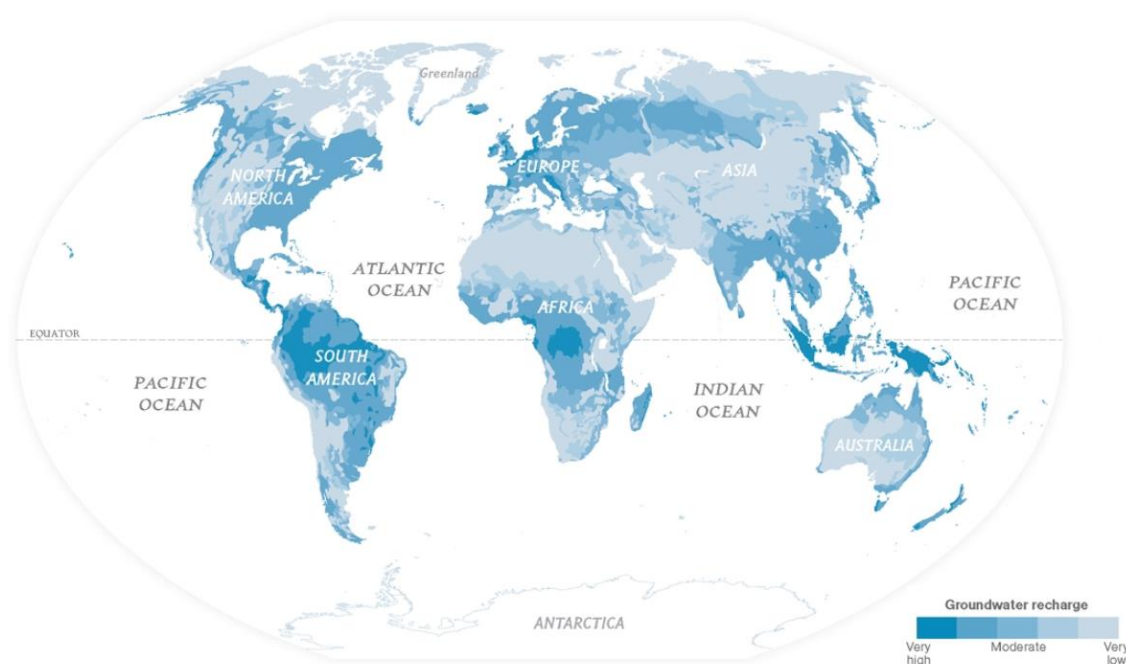


Figura 4.6 – Mapa mundial da distribuição das fontes de água subterrâneas e da sua capacidade de recarga (Fonte: Grosvenor et al., 2010)

² Rios em que a água flui durante todo o ano.

³ Rios que secam durante períodos de estiagem.

4.3.3. Qualidade da água

Gestão da qualidade da água em zonas rurais e periurbanas de países em desenvolvimento

A gestão da qualidade da água em países em vias de desenvolvimento ainda é um grave problema. A OMS define dois importantes passos para a gestão da qualidade da água proveniente de sistemas não canalizados comunitários ou domésticos em países em vias de desenvolvimento: a identificação do perigo e a implementação de medidas de controle. A identificação do perigo consiste na identificação de possíveis contaminações na fonte de água. Idealmente este passo seria realizado caso a caso, no entanto isso não ocorre. A confiança é tipicamente colocada em pressupostos gerais de condições perigosas que são definidas a nível nacional ou regional. As medidas de controle, por sua vez, dependem das características da fonte de água e da recolha que lhe é associada. Estas estão relacionadas com a manutenção da qualidade das origens de água. Para isto a OMS defende a concepção de regulamentos nacionais de qualidade de água potável alinhados com os princípios referidos no documento *Guidelines for drinking water* publicado pela OMS em 2011.

Contudo, frequentemente, os países em vias de desenvolvimento não têm fundos para investir na concepção e implementação de regulamentação e em tudo o que lhe está implícito (criação de instituições encarregues da implementação e fiscalização da aplicação da regulamentação, entre outras). Assim sendo, não é realista ponderar uma amostragem frequente e pouco espaçada a cada caso. A vigilância de um grande número de origens de água comunitárias pode ser conseguida através de um programa de visitas contínuas, realizando visitas espaçadas 3 a 5 anos. Durante cada visita devem realizar-se recolhas de água para análise na fonte de água e nos domicílios da população. Esta última análise permite determinar se a contaminação ocorre principalmente na fonte ou no acto da recolha e do armazenamento de água. As análises da qualidade da água permitirão reunir informações acerca da contaminação e das suas causas.

É também importante, realizar programas de formação junto da população de modo a reduzir a contaminação das origens de água potável e para alertar a população para a importância da qualidade da água, da higiene e dos cuidados necessários para uma colecta e armazenamento seguros.

Parâmetros microbiológicos, químicos e organolépticos

A monitorização dos parâmetros microbiológicos e químicos é estritamente necessária, não só para efeitos de controlo da saúde pública como também para protecção dos ecossistemas. Os parâmetros organolépticos, apesar de não colocarem em risco a saúde pública, podem afectar a utilização de água por parte da população. O controlo periódico destes parâmetros permite garantir o correcto funcionamento dos sistemas de tratamento, bem como a qualidade da água fornecida à população. Os parâmetros microbiológicos e químicos deverão ser analisados com especial atenção, uma vez que são geralmente os mais problemáticos.

Parâmetros microbiológicos

O risco de saúde mais comum associado ao consumo de água são as doenças infecciosas causadas por bactérias, vírus, protozoários e helmintas. Isto deve-se em grande parte à contaminação fecal da água pelo ser humano e/ou pelos animais.

No que diz respeito aos agentes patogénicos transmitidos por via fecal-oral, existem ainda outros meios de propagação, nomeadamente a contaminação de alimentos, utensílios e roupas e a higiene deficiente da população, particularmente quando não existem sistemas de saneamento doméstico adequados. No entanto, a contaminação microbiológica da água destinada ao consumo humano não está unicamente relacionada com a contaminação fecal, especialmente em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento. Nestes locais, geralmente, não existem sistemas de tratamento e de distribuição de água adequados, e a população tem a necessidade de colectar água em fontes comunitárias. Para a colecta de água são utilizados diversos recipientes, que podem representar um veículo de transmissão de microorganismos patogénicos para a água de consumo, devido à incorrecta ou inexistente higienização desses recipientes. Por outro lado, para além da ingestão de água contaminada, existem ainda outras vias de contaminação nomeadamente o contacto e a inalação de água contaminada.

A monitorização dos parâmetros microbiológicos é realizada através da definição de parâmetros de referência, uma vez que a abordagem individual de cada parâmetro seria irrealizável. A definição dos parâmetros de referência resulta do agrupamento de microorganismos patogénicos, tendo em conta as suas características, comportamento e susceptibilidade aos diversos tipos de tratamento. A selecção dos parâmetros de referência varia entre diferentes países e regiões do globo, uma vez que as condições locais e a incidência e gravidade das doenças transmitidas pela água devem ser tidas em conta. Tipicamente, os parâmetros de referência escolhidos representam o comportamento e as consequências para a saúde de grandes grupos de microorganismos, nomeadamente: bactérias, vírus, protozoários e helmintas.

A análise a patogénicos específicos é geralmente limitada à avaliação da qualidade do efluente bruto para identificar metas de desempenho e validação que permitam escolher o processo de tratamento mais adequado a cada situação. As análises conduzidas ao efluente tratado para efeitos de vigilância e verificação da eficiência do tratamento recorrem a organismos indicadores. O tipo de indicador utilizado varia consoante o tipo de monitorização que se pretende efectuar e a informação que se pretende obter. A validação de processos de tratamento serve para aferir se determinados processos de tratamento irão permitir a remoção eficiente de determinados microorganismos. As análises inseridas na monitorização de controlo e operação servem para aferir a limpeza, desinfecção e/ou integridade dos sistemas de distribuição de água (quando existentes) e a monitorização de vigilância e verificação permite controlar a qualidade do efluente tratado. Os indicadores aconselhados pela OMS para controlo microbiológico são apresentados na Tabela 4.3, consoante o tipo de monitorização a que se aplicam.

Tabela 4.3 – Indicadores aconselhados pela OMS para realizar o controlo microbiológico do efluente tratado consoante o tipo de monitorização a que se aplicam (Adaptado de: Gorchev e Ozolins, 2011)

Microorganismos	Tipo de monitorização		
	Validação de processos de tratamento	Controlo de operação	Vigilância e verificação
<i>Escherichia coli</i>	-	-	Indicador fecal
Coliformes totais	-	Indicador para aferir limpeza e integridade dos sistemas de distribuição de água	-
Contagem de placas heterotróficas	Indicador para aferir eficiência do processo de desinfecção (bactérias)	Indicador para aferir eficiência do processo de desinfecção e da limpeza e integridade dos sistemas de distribuição de água	-
<i>Clostridium perfringens</i>	Indicador para aferir eficiência do processo de desinfecção e dos processos de remoção física de vírus e protozoários.	-	-
Colifagos Bacteriófagos que infectam <i>Bacteroides fragilis</i> Vírus entéricos	Indicador para aferir eficiência do processo de desinfecção e dos processos de remoção física de vírus	-	-

Parâmetros químicos

Grande parte dos compostos químicos que surgem na água destinada ao consumo humano requerem tempos de exposição longos para se tornarem nocivos. No entanto, é necessário monitorizar estes parâmetros para evitar crises de saúde pública. Para isso a OMS defende que cada país deve estabelecer directrizes e planos de segurança pública. Nas directrizes deverão constar valores de referência (geralmente expressos sob a forma de uma concentração máxima), para facilitar a monitorização e controlo da qualidade da água. Para tal, é necessário ter em conta um conjunto de condições sociais, económicas, culturais, dietéticas, entre outras inerentes a cada país, que possam afectar o potencial de exposição ao composto químico.

A presença de determinados compostos químicos é frequentemente conhecida pelas autoridades competentes de cada país, tanto industrializados como em vias de desenvolvimento.

No entanto, os países em vias de desenvolvimento, muitas vezes, não têm os meios ou a organização para agir de forma proactiva.

Os contaminantes químicos podem ser categorizados de diversas formas, sendo o método mais utilizado e difundido, a categorização consoante a fonte primária de contaminação. Utilizando este método de categorização, o controlo e a prevenção da contaminação de água é facilitado, uma vez que as fontes de contaminação se encontram identificadas *a priori*. As fontes primárias de contaminação encontram-se discriminadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Actividades envolvidas na contaminação química de origens de água e exemplos de fontes de contaminação (Fonte: Gorchev e Ozolins, 2011)

Actividade envolvida na contaminação	Exemplos de fontes de contaminação
Ocorrência natural	Rochas, solo, efeitos climáticos e geológicos
Fontes industriais ou habitações domésticas	Extracção mineira, indústrias de manufactura e de processamento industrial, águas residuais, resíduos sólidos e derrame de combustível
Actividades agrícolas	Adubos, fertilizantes, criação de animais intensivo e pesticidas
Tratamento de água ou contacto de materiais com água destinada ao consumo humano	Coagulantes e materiais utilizados na construção de condutas
Pesticidas usados na água para controlo de saúde pública	Larvicidas utilizados no controlo de insectos vectores de doenças

Para além da via de ingestão de água contaminada, o ser humano pode ainda inalar contaminantes químicos, volatilizados durante o banho e outras actividades domésticas que envolvam a utilização de água. Algumas substâncias podem ainda ser absorvidas pela pele, embora com menor significado. Tendo em conta as vias de propagação de contaminantes acima mencionadas, importa utilizar factores de correcção para determinados compostos químicos que sejam propícios à disseminação por diversas vias, aumentando assim a probabilidade de propagação do contaminante ao organismo humano.

Parâmetros organolépticos

Os parâmetros organolépticos definem o sabor, odor e aparência da água e são muito importantes, uma vez que podem indicar a presença de substâncias potencialmente nocivas e/ou ditar a aceitabilidade da população a determinada água. Se a água destinada a consumo humano apresentar todas as condições necessárias à manutenção da saúde pública, mas não apresentar um sabor, odor ou aparência aceitável a população poderá deslocar-se a outra fonte de água imprópria para consumo do ponto de vista químico ou microbiológico. Assim é relevante controlar

os parâmetros organolépticos, tendo em conta que serão distintos para diferentes comunidades e regiões do globo consoante diferentes aspectos sociais, ambientais e culturais.

Para além disto, como já referido, os parâmetros organolépticos podem indiciar a existência de substâncias potencialmente nocivas, denunciando avarias e métodos de tratamento pouco eficientes. Desta forma, as autoridades encarregues da manutenção e do controlo dos sistemas de tratamento e de distribuição de água destinada ao consumo humano deverão monitorizar aspectos como a cor, turvação, sólidos suspensos totais, temperatura, pH e dureza. O sabor e o odor podem ser originados a partir de contaminantes químicos inorgânicos e orgânicos naturais oriundos de fontes biológicas ou da contaminação através de substâncias químicas sintéticas. A distribuição e o armazenamento, quando não realizados correctamente também podem gerar sabor e odor na água, como resultado da actividade microbiana ou da contaminação através de partículas libertadas pelos materiais utilizados nos sistemas de distribuição, de armazenamento ou nos recipientes destinados à colecta de água.

4.3.4. Enquadramento Geográfico

O enquadramento geográfico requereu um estudo acerca de diversos factores, nomeadamente do clima, da disponibilidade de recursos hídricos e da situação económica da população. Através da análise destes factores foi possível aferir em que zonas do globo seria viável implementar a instalação sanitária em estudo. Para tal tiveram-se em mente os seguintes pressupostos:

- A temperatura média anual não deve ser inferior a 18°C;
- É necessária a existência de recursos hídricos disponíveis (fonte superficial ou subterrânea);
- Aplicável a zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento.

Depois de analisada a informação reunida nas secções 4.2 e 4.3, aferiu-se que a zona geográfica em que seria viável implementar a instalação sanitária em vista, seria correspondente à zona climática tropical, com algumas excepções. Na zona climática tropical, o processo de digestão anaeróbia de efluente doméstico bruto sem aquecimento é exequível ao longo de todo o ano, uma vez que a temperatura média é superior a 18°C. A instalação sanitária, como já referido requer a existência de recursos hídricos disponíveis, pelo que a sua implementação poderá ser comprometida sempre que tal não se verificar. Na Figura 4.7 encontram-se destacadas a azul as zonas do globo em que a implementação da instalação sanitária poderá ser viável, tendo em conta os factores temperatura, disponibilidade de água e situação económica.



Figura 4.7 – Zonas do mundo em que a implementação da instalação sanitária poderá ser viável, tendo em conta os factores temperatura, disponibilidade de água e situação económica

4.4. Critérios definidos para a implementação da instalação sanitária

Através dos indicadores seleccionados e da identificação das necessidades básicas da população em estudo, foi possível desenvolver critérios (Tabela 4.5) que permitem seleccionar as comunidades em que a implementação da instalação sanitária em estudo poderá ser viável.

Tabela 4.5 – Critérios para selecção de comunidades em que a implementação da instalação sanitária em estudo poderá ser viável

Tipologia do critério	Critério
Caracterização do local e da população	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento • População igual ou inferior a 150 habitantes • Evolução populacional de pouco acentuado crescimento ou com tendência a estagnar
Pobreza	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade de recursos hídricos • Temperatura ambiente superior a 18°C • Resultado do IPM ser “privação” • IDH do país médio ou baixo • Inexistência ou sistemas desadequados de drenagem e de tratamento de águas residuais
Padrão de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência ou sistemas desadequados de abastecimento de água destinada a consumo humano • Combustível usado - lenha ou carvão
Outros	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de agricultura • Criação de animais

5. Entrevistas com actores-chave

5.1. Enquadramento

Foram conduzidas entrevistas a nove actores-chave com formações académicas e percursos profissionais com envolvimento na implementação de serviços de abastecimento e saneamento de água, com destaque para zonas rurais de países em vias de desenvolvimento. As entrevistas conduzidas foram realizadas com o intuito de aferir se o esboço inicial da instalação respondia às necessidades básicas das comunidades rurais, com base na experiência individual de cada entrevistado, colmatando assim, na medida do possível, a impossibilidade de deslocação a possíveis zonas de intervenção. Simultaneamente, as entrevistas permitiram valorizar e “acreditar” o trabalho realizado no âmbito da presente dissertação, através da recolha de sugestões, críticas e opiniões manifestadas pelos entrevistados.

Para facilitar o encadeamento das entrevistas, foi elaborado um guião com nove perguntas, apresentado no Anexo I ao presente documento. As entrevistas acompanharam uma sequência de quatro fases:

- Apresentação – Numa primeira fase o entrevistado fez uma breve referência ao seu percurso académico e profissional, destacando as experiências mais enriquecedoras do seu currículo;
- Exposição da temática – Explicitação dos objectivos do trabalho e dos traços gerais das instalações propostas, bem como apresentação das suas principais funções, modo de funcionamento e de utilização;
- Questionário – Conjunto de questões orientadas pelo guião apresentado nos Anexos, com vista à identificação de potenciais limitações e dificuldades do ponto de vista da implementação, utilização e aceitação das instalações;
- Outras questões – No seguimento das entrevistas, por vezes surgiram outras questões que foram colocadas, numa última fase da entrevista, com vista a reunir o máximo de informação possível.

Neste capítulo é realizada, em primeiro lugar, uma breve caracterização dos entrevistados e, de seguida, são expostas as suas respostas ao questionário, bem como as suas sugestões, críticas e opiniões. No Anexo II apresentam-se os aspectos mais relevantes acerca do percurso académico e profissional dos entrevistados.

5.2. Caracterização dos entrevistados

No decorrer da presente dissertação foram conduzidas nove entrevistas a actores-chave com percursos académicos e profissionais relevantes para o estudo em curso. As entrevistas foram realizadas entre dezembro de 2017 e março de 2018.

Metade dos entrevistados tem formação académica em Engenharia do Ambiente (5), enquanto os restantes têm formação em Antropologia (1), Engenharia Geológica (1), Engenharia Mecânica (1) e Engenharia Civil (1). Foram conduzidas entrevistas a actores-chave de áreas bastante distintas com o propósito de entender a problemática em estudo nas suas diferentes vertentes, colmatando possíveis lacunas de conhecimento, nomeadamente ao nível das dimensões social, energética e de construção. Na Figura 5.1 apresenta-se a distribuição dos entrevistados pelas diferentes áreas de formação base académica.

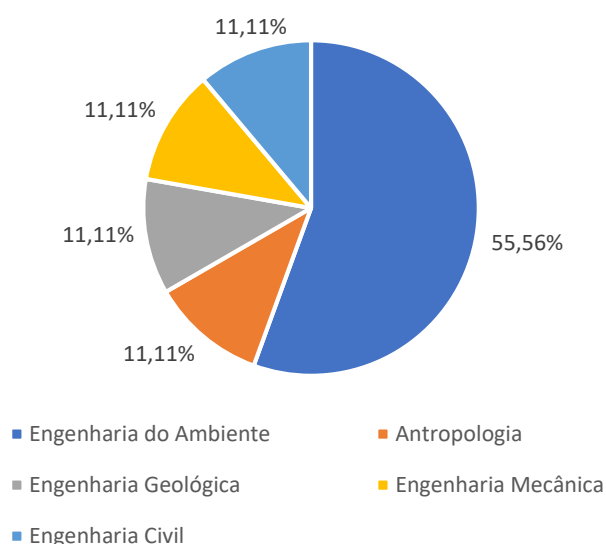


Figura 5.1 - Áreas de formação académica dos actores-chave

Na Figura 5.2 encontra-se a distribuição dos entrevistados pelas instituições e organizações a que estão associados. A maioria pertence à TESE sem Fronteiras (4) e desempenham um papel activo na implementação de diversos projectos, nomeadamente em projectos de apoio à descentralização, regulação do sector WASH e do sector energético. Um dos entrevistados encontra-se actualmente a trabalhar na CCDRC, tendo desenvolvido no passado projectos relevantes para a temática em estudo. Os restantes actores-chave estão afiliados à FCT-UNL (3) e ao IADE (1), onde desenvolvem projectos de investigação.

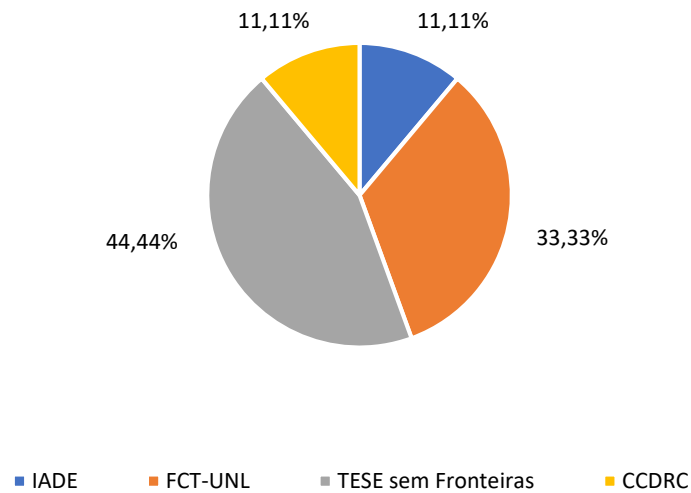


Figura 5.2 - Instituições e organizações a que os actores-chave estão associados

A experiência de campo dos actores-chave é bastante variada: Guiné Bissau, Angola, Brasil, Cabo Verde, São Tomé e Príncipe, Moçambique, Índia, Filipinas e Quénia. Vários entrevistados têm experiência de campo em mais do que um dos países acima descritos e grande parte dos entrevistados conhece bem a realidade da Guiné Bissau e de Angola. A distribuição da experiência de campo dos actores-chave encontra-se na Figura 5.3.

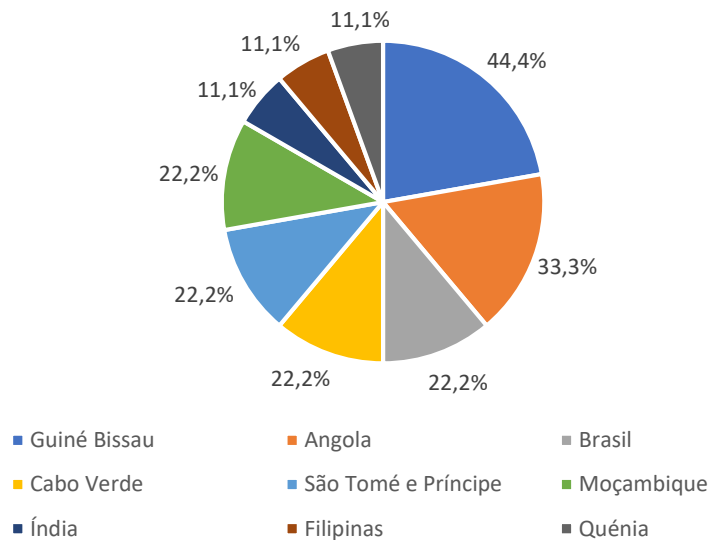


Figura 5.3 – Experiência de campo dos actores-chave

5.3. Resultados das entrevistas

5.3.1. Necessidades das comunidades rurais e periurbanas

Principais necessidades das comunidades no que diz respeito à gestão da água

A necessidade mais apontada pelos actores-chave foi a ineficiente gestão dos recursos hídricos, principalmente no que diz respeito aos sistemas de abastecimento e tratamento de água destinada ao consumo humano. A falta de saneamento e de tratamento de águas residuais, embora não tão problemática, também é apontada como uma das principais necessidades. Isto decorre da falta de meios económicos e de organização dos países em vias de desenvolvimento e das autoridades locais. Em países como Cabo Verde e Moçambique o principal problema recai sobre a escassez de água.

Outros problemas como a falta de manutenção dos sistemas de abastecimento e a implementação de sistemas de saneamento desadequados à comunidade também são referidos. Como principais causas para a falta de manutenção dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano indica-se:

- Frequente mau estado dos equipamentos e instalações devido a vandalismo e descuido da própria comunidade;
- Inexistência de autoridades competentes encarregues da manutenção das instalações e dos equipamentos, que por vezes são “abandonados” no meio das comunidades sem qualquer tipo de acompanhamento;
- Impossibilidade financeira por parte das autoridades competentes para realizar a manutenção das instalações e equipamentos;
- Impossibilidade ou falta de motivação por parte da comunidade para pagamento de uma tarifa simbólica pela utilização das instalações em troca da sua manutenção;
- Difícil aceitação por parte das comunidades à recepção de pessoas exteriores à comunidade para realizar a manutenção dos equipamentos e instalações.

A implementação de sistemas de saneamento desadequados às comunidades impede a satisfação de uma das grandes necessidades das comunidades referidas pelos inquiridos, na medida em que se gastam recursos financeiros e bens materiais em projectos que não são aplicáveis à população-alvo. Isto sucede por não se respeitarem as crenças, necessidades e/ou vontades da população. Assim sendo, a falta de sistemas de saneamento e de tratamento de águas residuais persiste, apesar dos investimentos realizados, não havendo depois possibilidade de investimento em infra-estruturas adequadas à população-alvo.

Implementação de uma cozinha comunitária

A grande maioria dos actores-chave (8) considerou que a implementação de uma cozinha comunitária alimentada através do biogás gerado pelo processo de digestão anaeróbia seria uma mais valia para algumas comunidades. Os entrevistados fizeram as seguintes salvaguardas:

- A implementação de uma cozinha comunitária só resulta se existir espírito de comunidade. Geralmente é mais fácil de implementar em comunidades pequenas, onde o espírito de comunidade está mais presente;
- Algumas comunidades não aceitam o contacto com dejectos humanos, devido a crenças religiosas, pelo que a utilização de biogás poderá ser comprometida nestes casos.

Com base nas suas experiências de campo alguns entrevistados (4) salientaram que o fornecimento de electricidade poderia representar uma necessidade prioritária em algumas zonas, consoante as necessidades de cada comunidade. No entanto o fornecimento de electricidade deve ser contínuo, o que por vezes não é exequível, quando se recorre ao processo de digestão anaeróbia em comunidades pequenas (Comunicação pessoal de Xenaki, 2018).

Alguns entrevistados (3) sugeriram que a produção de biogás fosse direccionada para o fornecimento de energia à instalação, permitindo assim a sua auto-suficiência (p. ex. iluminação e elevação de água).

Gestão de resíduos orgânicos

No que diz respeito à gestão de resíduos em comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, raramente se verifica a existência de um método organizado de recolha e de gestão de resíduos. Estes são frequentemente depositados nas imediações das habitações sem qualquer tipo de condicionamento. Quando as comunidades possuem animais de criação os restos de alimentos (resíduos orgânicos) são utilizados para a sua alimentação.

Mais de 70% dos resíduos produzidos por estas comunidades são orgânicos (Comunicação pessoal de Rodrigues, 2018). Assim sendo, a totalidade dos entrevistados concordou que a possibilidade do digestor anaeróbio receber resíduos orgânicos seria uma mais valia. Não só do ponto de vista da produção de biogás, que seria potenciada, mas também pela facilitação de um serviço de gestão de resíduos orgânicos gerados pelas comunidades. Porém, a facilitação deste serviço deve ser acompanhada de um período de formação e educação da população, para evitar a deposição de outros resíduos de decomposição mais demorada (p. ex. plástico) no digestor, dificultando a sua operação.

Raio de abrangência da instalação

O raio de abrangência da instalação representa a distância considerada adequada e confortável entre as habitações e a própria instalação. A pergunta que se colocou aos actores-chave foi qual seria, do seu ponto de vista, a distância máxima adequada que a instalação deveria distar das habitações. As respostas variaram entre 20 e 100 metros, tendo em conta que:

- A instalação de uso comunitário conta com a existência de sanitários e duches para uso diário, pelo que não poderá distar muito das habitações ou não será utilizada;
- A implementação da cozinha comunitária ou de um posto de fornecimento de electricidade não poderão distar muito das habitações ou não serão utilizados;
- A distância adequada a cada comunidade poderá ser diferente (p. ex. em algumas comunidades o caminho para a colecta de água representa a vida social das mulheres, encarregues pela sua recolha).

A distância da instalação às habitações deverá ser estudada caso a caso para não comprometer a utilização da instalação por parte da população.

5.3.2. Limitações culturais

Aceitação da instalação

O nível de aceitação da instalação em estudo varia consoante a cultura, a religião e as vivências de cada comunidade. Neste sentido, primeiramente deve conduzir-se um estudo caso a caso, para certificar que a solução proposta na presente dissertação é realmente a mais adequada.

Quando questionados acerca da aceitação da instalação sanitária em estudo, por parte da generalidade das comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, os actores-chave referiram que esta seria variável consoante as diferentes comunidades.

De modo a facilitar a implementação da instalação sanitária, tornando-a o mais transversal possível às diferentes culturas, os actores-chave transmitiram algumas sugestões:

- Incorporar repuxos de limpeza anal nos sanitários destinadas a comunidades muçulmanas e hindus;
- Possibilidade de adaptar a instalação sanitária ao uso domiciliário em vez de comunitário;
- Explicar sempre à população o modo de funcionamento da instalação e quais os seus benefícios.

Aplicação de lamas e de águas residuais tratadas na fertilização e na irrigação de campos agrícolas ou de pequenas hortas

A aplicação das lamas em excesso, oriundas do digestor anaeróbio, em pequenas hortas ou em campos agrícolas é uma mais valia, uma vez que é atribuído um fim às lamas retiradas do digestor ao mesmo tempo que se fertilizam as culturas agrícolas da comunidade. No entanto é importante que estas sejam estabilizadas para reduzir a acção de agentes patogénicos.

A maioria dos inquiridos concordou que a aplicação de lamas, desde que previamente estabilizadas, seria uma mais valia para grande parte das comunidades. Porém, os actores-chave apontaram algumas salvaguardas:

- É importante esclarecer sempre a população acerca da proveniência das lamas e das águas residuais tratadas utilizadas, bem como acerca dos seus benefícios;

- A utilização de lamas formadas a partir de dejectos humanos na fertilização de campos agrícolas não é aceite por algumas comunidades devido a superstições e crenças religiosas;
- Em algumas zonas os solos são já muito férteis, nomeadamente nas Filipinas e em São Tomé e Príncipe, não havendo grande necessidade de fertilização de solos agrícolas.

Em relação às águas residuais tratadas, a maioria dos entrevistados desencoraja a sua utilização para fins de consumo humano, devido à dificuldade de fiscalização e controlo dos sistemas de tratamento de água.

5.3.3. Limitações da instalação e perspectivas de futuro

Limitações decorrentes da implementação e utilização da instalação sanitária

As principais limitações que a instalação apresenta do ponto de vista dos actores-chave são:

- Estudo demasiado ambicioso com diversos serviços (fornecimento de água potável, de saneamento e de energia);
- Quantidade de biogás produzido poderá não ser compensatória;
- Dificuldade na fiscalização da correcta implementação da instalação devido às suas diversas funções;
- Funcionamento dependente da existência de água disponível;
- Implementação difícil em comunidades dispersas;
- O facto da instalação ser comunitária em vez de familiar pode ser uma entrave à sua implementação em determinadas comunidades.

Equipamento pré-fabricado destinado a zonas de transição rural-urbana e/ou situações de emergência

Como perspectiva de futuro encarou-se a possibilidade de adaptar a instalação em estudo a zonas de transição rural-urbana e a zonas de catástrofe natural ou de crise humanitária. A ideia consistiria em construir um equipamento pré-fabricado de montagem/desmontagem e transporte simples com funções bastante semelhantes à instalação desenvolvida no presente trabalho.

No que diz respeito à adaptação do equipamento pré-fabricado a zonas de transição rural-urbana, os entrevistados manifestaram feedback negativo. Foram referidos os seguintes obstáculos:

- Dificuldade na aceitação do equipamento por parte da comunidade;
- Tempo de vida do equipamento não compensatório;
- Este tipo de equipamento requer uma manutenção mais técnica e complicada, aumentando os seus custos.

Contudo, a ideia foi bastante bem recebida pelos actores-chave, no que concerne à sua adaptação a situações de emergência em zonas de catástrofe e/ou de crise humanitária. Neste

contexto requerem-se soluções rápidas, eficazes e temporárias. A vantagem deste equipamento em relação aos equipamentos já existentes para o efeito, seria o facto de reunir diversos serviços num só equipamento. Estes equipamentos estariam a cargo de organizações dedicadas a causas humanitárias (p. ex. Médicos Sem Fronteiras).

6. Instalação sanitária

6.1. Enquadramento

A instalação sanitária proposta na presente dissertação tem como principal objectivo facilitar os serviços de abastecimento de água potável de qualidade e de saneamento de águas residuais a populações de zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento. Para fornecer estes serviços, a instalação sanitária conta com um sistema de filtração de água por membranas de osmose inversa e com um digestor anaeróbio encarregue da recolha das águas residuais. A filtração poderá ser seguida de uma etapa de remineralização com cal hidratada por forma a melhorar a qualidade da água.

Do processo de digestão anaeróbia resulta energia sob a forma de biogás. Desta forma pretende-se avaliar a viabilidade de implementação de uma cozinha comunitária e/ou da transformação do biogás em electricidade, consoante as necessidades das diferentes comunidade. As lamas resultantes do processo de digestão serão utilizadas para fertilização de campos agrícolas ou de pequenas hortas.

Através das funções acima descritas, pretende-se que a instalação contribua para o aumento significativo da qualidade de vida das populações rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, evitando longas caminhadas para a colecta de água, muitas vezes imprópria para consumo, reduzindo os comportamentos de risco associados à falta de higiene e de saneamento e aumentando a comodidade e conforto da população.

Neste capítulo são apresentados os diversos componentes da instalação, bem como os resultados obtidos para os dois casos de estudo apresentados. São também abordados os custos associados à sua implementação e manutenção. Os casos de estudo seleccionados representam duas situações: implementação de uma instalação comunitária numa zona rural e implementação de uma instalação comunitária numa zona periurbana.

6.2. Componentes da instalação

6.2.1. Bases conceptuais

Instalação sanitária

Considerou-se, para efeitos de dimensionamento, uma utilização diária de cada sanitário e duche, por pessoa, de cerca de 15 minutos. Assim sendo, cada sanitário e duche pode servir 4 hab/h. Considerando 10 horas solares de maior actividade da população, obtém-se 40 hab/dia servidos por sanitário e por duche. A instalação sanitária, deverá apresentar uma divisão entre mulheres/crianças e homens, por questões de segurança e privacidade.

No que diz respeito aos sanitários, estes deverão ser providos de sanitas turcas, e sempre que necessário deverão ser acompanhadas de repuxos de limpeza anal, aumentando o espectro cultural e religioso de utilizadores. As descargas de autoclismo não deverão ser superiores a 5

litros/descarga e deverão reaproveitar a água dos duches e/ou da chuva, reduzindo o consumo de água tratada. Por cada dois sanitários deverá existir um lavatório, para assegurar a higiene da população.

No que diz respeito aos duches, os reservatórios de água elevados deverão ser opacos e de cor escura minimizando a proliferação de algas e permitindo realizar algum aquecimento da água. A quantidade de água utilizada por pessoa e por dia num duche pode ser variável, tendo em conta as diferentes regiões do globo em que se pretenda implementar a instalação em estudo. Assim, o dimensionamento do reservatório de água deverá realizar-se caso a caso.

Cozinha comunitária

A cozinha comunitária funciona através do biogás gerado pelo digester anaeróbio. Tauseef et al. (2013) afirmam que uma família precisa no mínimo de 0,3 m³/dia de biogás para satisfazer as necessidades associadas à confecção das suas refeições diárias. A utilização da cozinha poderá ser conjunta, o que significa que a comunidade poderá reunir-se e cozinhar as refeições em conjunto, ou poderá ser de uso familiar. O número de bicos de fogão a serem instalados na cozinha deverá ser ponderado consoante a necessidade da população, que poderá ser variável em função do tipo de dieta e da preferência da comunidade no que diz respeito à utilização da cozinha. Porém, aconselha-se que um bico de fogão não sirva mais do que três famílias. Neste espaço existirão ainda pontos de fornecimento de água destinada a consumo humano.

Pormenores construtivos

Os materiais de construção das instalações descritas deverão ser preferencialmente escolhidos com base na sua disponibilidade no local de implementação e no menor custo possível (p. ex. tijolos, cimento, areia, gravilha, entre outros).

Abaixo sugerem-se algumas recomendações relacionadas com os pormenores construtivos da instalação:

- As condutas das redes de distribuição de água e de drenagem de água residual deverão ser em policloreto de vinilo;
- Todas as válvulas incorporadas na rede de distribuição de água (controle dos chuveiros, das descargas sanitárias e dos pontos de recolha de água) deverão ser igualmente em policloreto de vinilo;
- As condutas devem estar sempre fora da vista da população, evitando a sua danificação;
- Os equipamentos auxiliares (p. ex. módulos de membranas, compressores, entre outros) deverão ser protegidos para evitar o seu roubo e vandalização;
- O reservatório encarregue da distribuição de água às cabines de duche deverá ser instalado em cima da cobertura da instalação sanitária e deverá ser opaco de cor escura de forma a promover algum aquecimento à água;
- A ventilação da instalação sanitária deverá ter em conta diversos aspectos, nomeadamente: preferência da comunidade (espaços parcialmente abertos ou

totalmente fechados), a existência de mosquitos vectores de doenças, existência de chuvas e ventos fortes, entre outros.

Para facilitar a visualização das instalações acima referidas procedeu-se à realização de desenhos, recorrendo à ferramenta *AutoCAD*. Os desenhos correspondentes à instalação sanitária e à cozinha comunitária são apresentados no Anexo V, a uma escala de 1:50.

Os desenhos 1, 2 e 3, da instalação sanitária, são plantas de cobertura e de piso (de apresentação e cotadas) e alçados, enquanto os desenhos 4, 5 e 6 são modelos a três dimensões, apresentando uma possível aparência e disposição da instalação sanitária.

Os desenhos correspondentes à cozinha comunitária, à semelhança da instalação sanitária, dividem-se em: desenhos 1 e 2 - plantas de cobertura e de piso (de apresentação e cotadas) e alçados; desenhos 3 e 4 - modelos a três dimensões, apresentando uma possível aparência e disposição da cozinha comunitária.

Importa referir que as dimensões das instalações poderão ser variáveis consoante o local de implementação.

6.2.2. Digestor Anaeróbio

A solução escolhida para a gestão das águas residuais consiste na implementação de um digestor anaeróbio de mistura completa (p.e. digestor de cúpula fixa Chinês) sem aquecimento de lamas, permitindo assim um aproveitamento energético, sob a forma de biogás, ao mesmo tempo que é fornecido um serviço de saneamento à comunidade. Esta solução é aplicável a zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, devido ao seu baixo custo de investimento e relativamente simples manutenção.

O digestor anaeróbio recebe as águas residuais geradas pela população, bem como o estrume de animais de criação, quando existentes. As lamas em excesso, resultantes do processo de digestão anaeróbia deverão ser preferencialmente aplicadas na fertilização de campos agrícolas ou de pequenas hortas. No entanto, poderá ser necessário proceder à estabilização química das lamas (p. ex. com cal) antes da sua aplicação em terrenos agrícolas de modo a evitar a propagação de doenças a partir de agentes patogénicos. Em caso de impossibilidade, deverá ser prevista a recolha das lamas em excesso e a sua correcta gestão.

6.2.3. Filtração de água

A solução apresentada relativamente ao tratamento e abastecimento de água destinada a consumo humano consiste na utilização de módulos de membranas de osmose inversa destinados à filtração e desinfecção da água. Poderá seguir-se uma etapa de remineralização com cal hidratada, para melhorar a qualidade da água. Esta solução foi seleccionada devido à elevada eficiência de filtração e desinfecção de água face a outros tipos de tratamento mais difundidos e menos eficientes e seguros (p. ex. filtros de areia e SODIS).

A utilização de módulos de membranas de ultrafiltração é mais usual no que concerne ao tratamento de água destinada a consumo humano. Esta hipótese foi considerada inicialmente. No entanto, o elevado custo dos módulos de membranas de ultrafiltração representa um grande obstáculo à sua implementação em países com baixo rendimento per capita. Assim, optou-se pela implementação de módulos de membranas de osmose inversa, que são significativamente mais baratos.

Analisou-se a possibilidade de implementar o sistema de tratamento de água destinada a consumo humano ao nível domiciliário e ao nível comunitário. O protótipo realizado e explicitado na metodologia, diz respeito à implementação do sistema acima descrito, em domicílios e com bombagem manual da água. Este sistema apresenta diversas vantagens, nomeadamente a elevada eficiência de tratamento, o baixo custo de investimento e o facto de não necessitar de energia eléctrica para a sua operação. Como principais desvantagens destacam-se o baixo fluxo e a ocorrência de uma desmineralização da água. Não se avaliou o estado dos poros do módulo de membranas de osmose inversa, pelo que não se concluiu se a bombagem manual da água através do módulo de membranas trará implicações na qualidade da água filtrada a longo prazo. A eficiência de tratamento foi comprovada através de análises realizadas em laboratório certificado (Tabela 6.2 e Tabela 6.3).

As principais características dos módulos de membranas de osmose inversa de 75 GPD (aproximadamente 12 L/h) e 4040 GPD (aproximadamente 637 L/h) apresentam-se na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Características dos módulos de membranas de osmose inversa de 75 GPD e 4040 GPD

Designações	Módulo de 75 GPD	Módulo de 4040 GPD
Caudal (L/h)	12	637
Pressão de operação (bar)	3,5	20
Pressão máxima de operação (bar)	10	40
Intervalo de pH	2 a 11	3 a 10
Tempo de vida (anos)	1	2
Tempo de colmatção (min)	30	15

O baixo fluxo do módulo de 75 GPD inviabiliza a utilização do sistema domiciliário de bombagem manual para duchas e tarefas que reúnam quantidades mais elevadas de água. No entanto é adequado para a recolha de água para beber e cozinhar. Os módulos de maior capacidade, nomeadamente o módulo de 4040 GPD apresentam fluxos de água bastante razoáveis para

pequenas comunidades (até cerca de 150 habitantes). No entanto requerem pressões de operação elevadas que não se conseguem atingir manualmente.

O sistema de tratamento de água comunitário é mais dispendioso uma vez que requer a existência de sistemas de bombagem com recurso a energia eléctrica. Porém, para além de atingir fluxos de água suficientes para satisfazer as necessidades das comunidades consideradas no presente trabalho, contribui também para a igualdade de géneros. Em grande parte das culturas a mulher é a responsável pela realização das tarefas domésticas, nomeadamente a colecta de água. Sendo a bombagem de água automática e estando os serviços de recolha de águas residuais e de abastecimento de água potável concentrados no mesmo local, haverá uma menor discrepância entre as tarefas desempenhadas pela mulher e pelo homem, uma vez que este terá de se deslocar ao local para utilizar os sanitários e os duches.

Tabela 6.2 – Resultados das análises microbiológicas ao efluente bruto e ao efluente tratado e respectivos valores recomendados e paramétricos

Ensaio	Efluente bruto	Efluente tratado	Valor recomendado	Valor paramétrico
<i>Enterococos</i> (Nº/100mL)	20 000	0	-	0
Bactérias coliformes (Nº/100mL)	30 000	0	-	0
<i>Clostridium perfringens</i> (Nº/100mL)	>100	0	-	0
Colónias a 22°C (Nº/mL)	>300	>300	-	-
Colónias a 36°C (Nº/mL)	>300	>300	-	-
<i>Escherichia coli</i> (Nº/100mL)	>100	0	-	0

Tabela 6.3 - Resultados das análises físico-químicas ao efluente bruto e ao efluente tratado e respectivos valores recomendados e paramétricos

Ensaio	Efluente bruto	Efluente tratado	Valor recomendado	Valor paramétrico
Condutividade a 20°C (µS/cm)	490	177	-	2500
pH a 19°C (unidades de pH)	6,8	6,9	-	≥6,5 e ≤9,5
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	200	<10	150-500	-
Cálcio (mg/L Ca)	44	<4	100	-

Como as análises microbiológicas indicam (Tabela 6.2), a operação manual dos módulos de membranas de osmose inversa é viável, resultando na eliminação dos agentes patogénicos analisados. No entanto, devido à inexistência de desinfectante residual, os valores obtidos nos ensaios de presença de colónias a 22°C e 36°C no efluente tratado não revelaram alterações face ao efluente bruto. Assim sendo, a utilização da água deve ser realizada logo após a sua filtração, evitando o perigo de contaminações microbiológicas e a contracção de doenças por

parte da população. Deverão ser distribuídos recipientes adequados à recolha e armazenamento de água, explicando à população qual a forma correcta de limpeza e higienização destes mesmos recipientes, para reduzir a probabilidade de recontaminação de água.

No que diz respeito às análises físico-químicas, verificou-se uma elevada desmineralização da água, como esperado. O efluente tratado, devido ao seu baixo teor em cálcio, resulta numa água agressiva. Este parâmetro pode ser corrigido através de um processo de remineralização recorrendo por exemplo a cal hidratada, dióxido de carbono ou filtros de calcite. Aconselha-se a cal hidratada, devido ao baixo custo que lhe está associado e à possibilidade de a utilizar também para a estabilização das lamas provenientes do digestor anaeróbio, permitindo assim a sua utilização segura como fertilizante agrícola.

6.3. Casos de estudo

6.3.1. Caso de Estudo 1: Aldeia no Bangladesh (zona rural)

O primeiro caso de estudo apresentado corresponde a uma aldeia rural situada no Bangladesh (Figura 6.1). Nesta aldeia habitam 150 pessoas, distribuídas por 30 habitações (Khan et al., 2014).

No que diz respeito à criação de animais, a comunidade possui cerca de 235 vacas leiteiras. Considerou-se 20% de captação de estrume utilizado na alimentação do digestor, a par das águas residuais produzidas pela comunidade. A temperatura média anual apontada pelo autor são 25°C (Khan et al., 2014).

Do ponto de vista cultural, o autor não refere qualquer obstáculo à implementação do digestor anaeróbio, nem à utilização do biogás por ele produzido, através do estrume de vaca e das águas residuais produzidas pela comunidade.

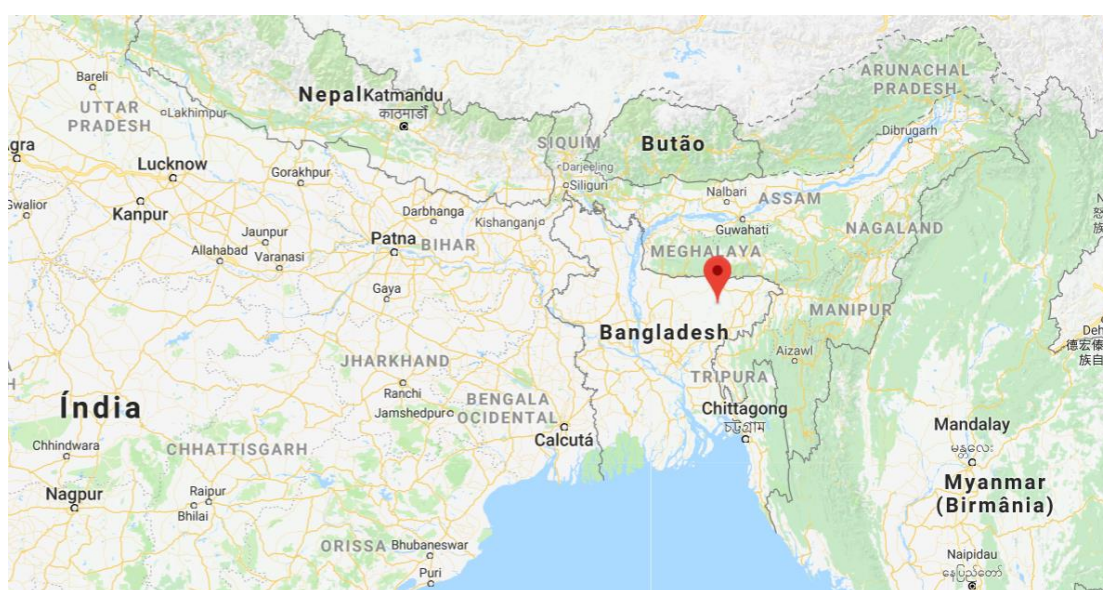


Figura 6.1 – Localização geográfica do caso de estudo 1

A Tabela 6.4 demonstra os *inputs* inseridos no modelo.

Tabela 6.4 - Inputs inseridos no modelo para o caso de estudo 1

Inputs	
Designação	Valores
	(Escolher valor da chave 1)
Localização geográfica	Sudeste Asiático
Temperatura	Temperatura (Cº)
Temperatura média anual	25
Animais de criação	Quantidade (Nº)
Vacas leiteiras	235
Vacas	0
Porcos	0
Ovelhas e/ou cabras	0
Aves domésticas	0
Captação de estrume	20%
População	Quantidade (hab)
Habitantes	150
Habitacões	30

Os resultados obtidos pelo modelo apresentam-se na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 - Resultados obtidos pelo modelo para o caso de estudo 1

Outputs	
Biogás	
Volume de CH ₄ obtido pelo sistema (m ³ /dia)	64
Volume de biogás obtido pelo sistema (m ³ /dia)	127
Volume de biogás por domicílio (m ³ /domicílio.dia)	2,1
Viável para cozinhar	Sim
Viável para iluminação	Sim
Viável para autosuficiência da instalação	Sim
Volume de água a acrescentar (L/dia)	0
Dimensões do Digestor	
Volume do Digestor (m ³)	179
Produção de lamas (kg/dia)	18

A estimativa do volume de biogás útil obtido pelo sistema é de aproximadamente 64 m³/dia, o que corresponde a aproximadamente 2,1 m³/domicílio.dia. Este volume permite suprir as necessidades energéticas da população para cozinhar e de iluminação (em pelo menos cinco horas por dia) de todas as 30 habitacões. O volume do reactor estimado para um tempo de

retenção hidráulico de 20 dias é de 179 m³ e a produção diária de lamas fixa-se nos 18 kg SST/dia. O volume de biogás permite ainda sustentar o funcionamento de duas bombas de água, uma responsável pela elevação do efluente bruto desde a origem até um reservatório e outra responsável por fazer passar o efluente bruto pelos módulos de membranas. A produção de biogás é elevada face às necessidades da população, em grande parte devido à elevada contribuição dos animais de criação.

O sistema de abastecimento de água mais adequado seria o sistema de filtração de água comunitário, uma vez que o biogás gerado permite a auto-suficiência da instalação, permitindo o funcionamento das bombas de água e a iluminação das instalações. As habitações da aldeia encontram-se relativamente próximas, pelo que não seria urgente implementar sistemas de tratamento de água manuais e domiciliários. No entanto esta hipótese seria sempre uma mais valia.

6.3.2. Caso de Estudo 2: Musseque no Quênia (zona periurbana)

O segundo caso de estudo corresponde a um musseque, Kibera, situado em Nairóbi no Quênia (Figura 6.2). Este é considerado o maior musseque de África, caracterizado por uma elevada densidade populacional e graves limitações de espaço. Assim sendo, a solução de saneamento mais indicada passa pela implementação de instalações sanitárias comunitárias. Devido à sobrelotação de espaço e à pobreza, cada habitação com três quartos tem em média uma família de quatro pessoas por quarto. Assim, um domicílio aloja aproximadamente 12 habitantes (Schouten e Mathenge, 2010).



Figura 6.2 – Localização geográfica do caso de estudo 2

Os animais de criação existentes em Kibera são na sua maioria cabras e galinhas, havendo também algumas vacas. Os porcos, quando existentes, são mantidos em segredo por não serem aceites por parte da população, devido a impedimento religioso. No entanto, a quantidade de animais não é muito elevada devido à sobrelotação de espaço. A temperatura média anual referida pelo autor é de 25°C (Schouten e Mathenge, 2010).

Para efeitos de dimensionamento, considerou-se uma parcela do musseque correspondente a 150 habitantes, distribuídos por 13 habitações. Considerou-se que a parcela do musseque em estudo albergava ainda 40 cabras, 25 vacas leiteiras e 100 galinhas. A Tabela 6.6 apresenta os *inputs* inseridos no modelo.

Tabela 6.6 - Inputs inseridos no modelo para o caso de estudo 2

Inputs	
Designação	Valores
	(Escolher valor da chave 1)
Localização geográfica	África
Temperatura	Temperatura (Cº)
Temperatura média anual	25
Animais de criação	Quantidade (Nº)
Vacas leiteiras	25
Vacas	0
Porcos	0
Ovelhas e/ou cabras	40
Aves domésticas	100
Captação de estrume	50%
População	Quantidade (hab)
Habitantes	150
Habitações	13

Os resultados obtidos pelo modelo apresentam-se na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Resultados obtidos pelo modelo para o caso de estudo 2

Outputs	
Biogás	
Volume de CH ₄ obtido pelo sistema (m ³ /dia)	19
Volume de biogás obtido pelo sistema (m ³ /dia)	38
Volume de biogás por domicílio (m ³ /domicílio.dia)	1,5
Viável para cozinhar	Sim
Viável para iluminação	Sim
Viável para autosuficiência da instalação	Sim
Volume de água a acrescentar (L/dia)	0
Dimensões do Digestor	
Volume do Digestor (m ³)	89
Produção de lamas (kg/dia)	9

A estimativa do volume de biogás útil obtido pelo sistema é de aproximadamente 19 m³/dia, o que corresponde aproximadamente a 1,5 m³/domicílio.dia. Este volume permite suprimir as necessidades energéticas da população para cozinhar e de iluminação (em pelo menos cinco horas por dia) de todos os 13 domicílios. Estas necessidades só são supridas devido ao baixo número de domicílios e à elevada concentração da população no musseque.

O volume do reactor estimado para um tempo de retenção hidráulico de 20 dias é de 89 m³ e a produção diária de lamas fixa-se nos 9 kg SST/dia. A produção de biogás é muito inferior à do caso de estudo 1, uma vez que existe uma menor contribuição de animais de criação.

O volume de biogás permite ainda sustentar o funcionamento de duas bombas de água, uma responsável pela elevação do efluente bruto desde a origem até um reservatório e outra responsável por fazer passar o efluente bruto pelos módulos de membranas. Sendo Kibera um musseque de elevada densidade populacional, uma solução para facilitar a utilização das instalações seria aliar o sistema de abastecimento de água manual e domiciliar ao sistema de abastecimento de água comunitário. Desta forma, o sistema de abastecimento de água comunitário seria destinado aos duches e à colecta de água para outras tarefas que exijam quantidades elevadas de água. Isto resultaria num menor gasto energético e numa optimização da utilização das instalações comunitárias, evitando a sua sobrelotação e a sua degradação. No entanto, a utilização dos sistemas de abastecimento de água manual e domiciliar pressupõe a colecta de água na fonte (superficial ou subterrânea) que abastece as instalações comunitárias.

6.4. Custos de investimento e manutenção

A estimativa dos custos de investimento, foi realizada para 150 habitantes, o número de habitantes máximo admitido pelas instalações em estudo. Para a estimativa do custo associado à construção das instalações atribuiu-se um custo unitário intermédio dos materiais, tendo em conta que a gama de preços varia consoante a localização geográfica de implementação. Estimaram-se os custos inerentes à construção do digestor e das instalações (cozinha e sanitários) e à implementação do sistema de filtração de água.

Os materiais de construção das instalações descritas, bem como da construção do reactor anaeróbio deverão ser preferencialmente escolhidos com base na sua disponibilidade no local de implementação e no menor custo possível. Para tal, assumiu-se a utilização de tijolos, cimento, areia e gravilha para a construção do reactor anaeróbio e de aço para os deflectores. O custo estimado associado à construção do reactor, assumindo uma produção diária de biogás de 40 m³/dia é de aproximadamente 140 €, o que corresponde a 0,93 € por habitante.

Para a construção da cozinha comunitária e dos sanitários assumiu-se a utilização de tijolos, cimento, areia e gravilha para a estrutura da instalação e de chapa zincada ladrada para a cobertura. A estimativa dos custos associados à construção das instalações contempla também a pavimentação e a instalação de loiças, torneiras, bicos de gás, entre outros acessórios necessários ao correcto funcionamento da cozinha comunitária e dos sanitários. A estimativa do custo de investimento associada à construção das duas instalações, destinadas a 150 habitantes, é de aproximadamente 813 €, o que corresponde a 5,42 € por habitante.

O custo de investimento associado ao sistema de tratamento de água varia consoante o sistema escolhido. Se se optar pelo filtro doméstico, o custo do módulo de membranas de 75 GPD, da bomba manual e do filtro para detritos de maiores dimensões aproxima-se dos 20 € por domicílio. Por outro lado, se se optar pelo filtro comunitário, o custo do módulo de membranas de 4040 GPD, da bomba centrífuga e do filtro para detritos de maiores dimensões é de aproximadamente 305 €, o que corresponde a 2 € por habitante.

Os custos de manutenção anuais contemplam a reposição dos módulos de membranas e da cal hidratada, destinada à estabilização química da água e das lamas (supondo que se adoptam estas etapas). O custo anual associado à cal hidratada é de aproximadamente 200 €. Os módulos de membranas devem ser trocados a cada ano, no caso dos sistemas domiciliários, e de dois em dois anos no caso dos sistemas comunitários. No entanto, o tempo de vida dos módulos de membranas poderão ser variáveis consoante a utilização e a qualidade do efluente bruto.

Os custos apresentados nesta secção apresentam-se sistematizados, sob a forma de tabelas, no Anexo VI.

6.5. Recomendações

Neste capítulo são feitas recomendações à implementação, utilização e manutenção da instalação sanitária em estudo.

- Antes de tomar a decisão de implementar a instalação em estudo em determinada comunidade, é importante conduzir inquéritos e entrevistas junto da população, de modo a entender se existem obstáculos culturais ou religiosos à sua utilização;
- Envolver a comunidade na construção da instalação, facilitando a aceitação e a posterior utilização da instalação;
- Avaliar potenciais parceiros (p. ex. autarquias, lojas locais, entre outros) encarregues da manutenção da instalação e de assegurar a disponibilidade de peças sobresselentes, em caso de avaria ou manutenção da instalação;
- Averiguar a possibilidade e viabilidade de aplicar uma tarifa simbólica associada à utilização da instalação, de forma a assegurar a sua preservação e manutenção;
- Aquando da substituição dos módulos de membranas, entregar os módulos utilizados no acto de troca por módulos novos, para facilitar a gestão correcta dos resíduos;
- As lamas em excesso geradas pelo digestor, se devidamente estabilizadas, poderão ser vendidas como fertilizante natural. O retorno económico poderá ser aplicado na manutenção da instalação e dos equipamentos;
- Recolher água da chuva e água dos banhos para descargas de autoclismo nos sanitários, evitando o gasto de água tratada;
- Monitorizar parâmetros de digestor anaeróbio: sólidos suspensos totais, sólidos voláteis, taxa de descarga orgânica, condutividade, pH, alcalinidade, temperatura, CQO, CBO₅, quantidade de biogás produzido e sua composição e pressão;
- Monitorizar parâmetros de água filtrada: físico-químicos (dureza total, pH, ferro, cálcio, azoto amoniacal e cloretos) e microbiológicos (enterococos, *escherichia. coli* e coliformes fecais);
- Monitorizar as quantidades de fósforo e azoto presentes nas lamas em excesso destinadas a fertilização de campos agrícolas.

7. Conclusões e perspectivas de desenvolvimentos futuros

7.1. Conclusões

Nos países em vias de desenvolvimento existe uma grande carência e, nalguns casos, ineficiência ao nível da gestão dos serviços de abastecimento de água e de saneamento. Para além da falta de investimento em infra-estruturas, a desorganização (ou ausência) de instituições encarregues da gestão destes serviços também contribui fortemente para o agravamento deste problema.

Os métodos de tratamento de água utilizados em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, quando existentes, são na sua maioria rudimentares e por vezes pouco eficientes e seguros. Os métodos de tratamento mais difundidos são a desinfecção solar, a filtração em areia ou cerâmica e a cloragem. Nenhum destes métodos assegura uma qualidade de água adequada, tendo em atenção os critérios propostos pela OMS, através do documento “*Guidelines for Drinking-water Quality*”

Os contextos culturais abordados no presente trabalho são propícios a contaminações, principalmente de origem fecal, devido à inexistência de infra-estruturas de saneamento adequadas e à falta de controlo da qualidade de água de abastecimento. Na origem destas contaminações encontra-se também a defecação ao ar livre, um hábito cultural bastante enraizado em diversas comunidades. Este tipo de práticas aliadas a infra-estruturas desadequadas, ou à ausência das mesmas, contribuem fortemente para a rápida propagação de doenças.

A utilização de membranas de osmose inversa no tratamento de água para consumo humano é possível. No entanto, este método apresenta limitações que poderão dificultar a sua implementação em contexto rural e periurbano de países em vias de desenvolvimento, nomeadamente a desmineralização da água. A operação manual de membranas domésticas de osmose inversa é viável, embora não seja adequada para o tratamento de grandes quantidades de água, devido ao baixo fluxo diário. Todas as tarefas que requeiram quantidades de água consideráveis (p. ex. duchas), exigem módulos de membranas de grande capacidade que, por sua vez, requerem pressões de operação demasiado elevadas, que não se conseguem atingir recorrendo a bombas manuais.

A utilização do digestor anaeróbio sem aquecimento de lamas é uma opção de saneamento viável e económica aplicável a zonas economicamente desfavorecidas e com temperaturas médias anuais superiores a 18°C. A utilização do digestor anaeróbio, para além do serviço de saneamento que fornece à população, permite a produção de biogás que pode ser aproveitado para cozinhar, para iluminação ou para gerar energia eléctrica, energia essa que poderá ser direccionada para a auto-suficiência das instalações.

As lamas em excesso, oriundas do digestor, poderão ser uma mais valia para a comunidade. Desde que devidamente estabilizadas, as lamas poderão ser aplicadas como fertilizante em

campos agrícolas ou pequenas hortas ou poderão ainda ser vendidas a agricultores locais, gerando retorno económico, que poderá ser aplicado na manutenção da instalação sanitária e da cozinha comunitária. A implementação de uma tarifa simbólica e justa, associada à utilização das instalações, poderá ser uma medida para suportar parte dos custos de manutenção e operação das instalações e dos equipamentos.

As principais limitações associadas à implementação de instalações comunitárias deste tipo estão relacionadas com a dificuldade de fiscalização da correcta implementação da instalação, bem como a sua manutenção e o controlo da sua utilização.

Para evitar constrangimentos no que diz respeito à implementação de instalações e equipamentos desadequados às diferentes comunidades, devem conduzir-se estudos junto da população. Estes estudos deverão debruçar-se sobre as necessidades, crenças e tradições socioculturais e religiosas de cada comunidade, de forma a construir instalações e equipamentos viáveis do ponto de vista do utilizador, fazendo investimentos adequados às diferentes necessidades das comunidades.

No limite, considera-se que o estudo desenvolvido permitiu definir e dimensionar uma instalação com viabilidade de utilização em zonas rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento, contribuindo para a melhoria da qualidade de vidas dessas comunidades.

7.2. Perspectivas de desenvolvimentos futuros

Actualmente, um dos maiores problemas no sector mundial da água passa pela forte escassez de água sentida em diversas regiões do globo. A impossibilidade de funcionamento em zonas fortemente afectadas pela escassez de água é uma das grandes limitações da instalação descrita na presente dissertação. Assim, seria de extrema relevância conduzir estudos que possibilitassem chegar a uma solução viável para recolha de água por outras vias menos comuns.

Outra das grandes limitações da instalação em análise é a necessidade de temperaturas relativamente elevadas para o correcto funcionamento do digestor. Seria interessante explorar diferentes alternativas que permitissem a implementação da instalação em zonas com temperaturas mais baixas, recorrendo ao aquecimento das lamas com recurso a energias renováveis.

Tendo em mente o actual clima de conflito que se vive em determinadas regiões do Mundo, bem como o aumento do número de catástrofes de origem natural, no decorrer das entrevistas realizadas aos actores-chave, inquiriu-se acerca da possibilidade de adaptar a instalação estudada a situações de catástrofe e de crise humanitária. O objectivo seria realizar um equipamento pré-fabricado de montagem/desmontagem simples, e fácil de transportar, baseado na instalação desenvolvida no presente trabalho. O *feedback* foi bastante positivo, pelo que seria interessante realizar uma adaptação do equipamento a condições de emergência temporárias, reunindo diversos serviços importantes e necessários de repor rapidamente em situações de emergência.

A implementação prática deste trabalho pressupõe investimentos e apoios de autoridades locais. No futuro, a implementação de uma instalação piloto iria não só permitir verificar a viabilidade deste projecto, como também permitir efectuar melhorias significativas ao modelo de produção de biogás, tornando-o mais fiável. Com a construção da instalação piloto, seria igualmente possível complementar o estudo desenvolvido na presente dissertação, analisando medidas de segurança e condições de operação do digestor, bem como as condições de operação do módulo de membranas.

Referências bibliográficas

- Abdelgadir, A., Chen, X., Liu, J., Xie, X., Zhang, J., Zhang, K., Wang, H., e Liu, N. (2014). Characteristics, process parameters, and inner components of anaerobic bioreactors. *BioMed Research International*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/841573>
- Akpabio, E. M. (2012). Water meanings, sanitation practices and hygiene behaviours in the cultural mirror: a perspective from Nigeria. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 2(3), pp. 168. <https://doi.org/10.2166/washdev.2012.073>
- Akpabio, E. M., e Subramanian, S. V. (2012). Water Supply and Sanitation Practices in Nigeria: Applying Local Ecological Knowledge to Understand Complexity.
- Alcamo, J., Henrichs, T., e Rösch, T. (2000). World Water in 2025 - Global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century. *Kassel World Water Series 2*, (2), pp. 47.
- Amin, M. M., e Barros, F. G. (2007). Água : um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo.
- Araújo, F. A. (2013). Gestão da Água como um Bem Económico : aplicação de Instrumentos Económicos.
- Ariff, S., e Turab, A. (2016). Evaluation of solar disinfection of water intervention delivered through lady health workers in reduction of diarrheal episodes in under five children, 1(January), pp. 1–10.
- Ashoori, N., Dzombak, D. A., e Small, M. J. (2017). Identifying water price and population criteria for meeting future urban water demand targets. *Journal of Hydrology*, 555, pp. 547–556. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.047>
- B Filters - Tratamento de Água. (sem data). Membranas para osmose inversa. Acedido em 23 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://bfilters.com.br/membranas-para-osmose-reversa/membranas-para-osmose-reversa-baixa-vazao-jpg-2/>
- Bakker, M., e Matsuno, Y. (2001). A framework for valuing ecological services of irrigation water, pp. 99–115.
- BBC. (2011). Religions - Christianity at a glance. Acedido em 23 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://www.bbc.co.uk/religion/religions/christianity/ataglance/glance.shtml>
- BBC. (2014). Religions: Islam. Acedido em 18 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://www.bbc.co.uk/religion/religions/islam/>
- BBC. (2017). What is India's caste system? Acedido em 18 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://www.bbc.com/news/world-asia-india-35650616>
- Calheiros, C. S. C., Rangel, A. O. S. S., e Castro, P. M. L. (2013). Constructed wetlands for tannery wastewater treatment in Portugal : ten years of experience, (September), pp. 37–41. <https://doi.org/10.1080/15226514.2013.798622>

- Cavendish, W. (2003). Empirical Regularities in the Poverty-Environment Relationship of Rural Households : Evidence from Zimbabwe, *28*(11).
- CDC. (2009). Drinking Water - Water Sources. Acedido em 10 de Janeiro de 2018. Disponível em https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_sources.html
- Cheng, S., Li, Z., Mang, H. P., Huba, E. M., Gao, R., e Wang, X. (2014). Development and application of prefabricated biogas digesters in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *34*, pp. 387–400. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.035>
- Coffey, D., Gupta, A., Hathi, P., Spears, D., Srivastav, N., e Vyas, S. (2015). Culture and the health transition: Understanding sanitation behaviour in rural north India. *Economic and Political Weekly*, *52*(1), pp. 59–66.
- Colón, J., Forbis-Stokes, A. A., e Deshusses, M. A. (2015). Anaerobic digestion of undiluted simulant human excreta for sanitation and energy recovery in less-developed countries. *Energy for Sustainable Development*, *29*, pp. 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.09.005>
- Dickinson, K. L., e Pattanayak, S. K. (2009). Open sky latrines: Do social interactions influence decisions to use toilets?, (February), pp. 24 pp.
- Duke, W. F., Nordin, R. N., Baker, D., e Mazumder, A. (2006). The use and performance of BioSand filters in the Artibonite Valley of Haiti: a field study of 107 households. *Rural and Remote Health*, pp. 19.
- Dutta, J., Bhattacharya, P., e Bundschuh, J. (2016). Potential of Nanotechnology based water treatment solutions for the improvement of drinking water supplies in developing countries. *Geophysical Research*, *18*, pp. 18453.
- EPA. (sem data). Drinking Water Treatability Database - Chlorine. Acedido em 20 de Janeiro de 2018. Disponível em <https://iaspub.epa.gov/tdb/pages/treatment/treatmentOverview.do>
- EPA. (2004). How do treatment wetlands work?
- EPA. (2017). Ground Water and Drinking Water. Acedido em 10 de Janeiro de 2018. Disponível em <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water>
- FAO. (2016). Aquastat. Acedido em 10 de Janeiro de 2018. Disponível em http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm
- Gleick, P. H., e Palaniappan, M. (2010). Peak water limits to freshwater withdrawal and use, *107*(25). <https://doi.org/10.1073/pnas.1004812107>
- Gorchev, H. G., e Ozolins, G. (2011). WHO guidelines for drinking-water quality. *WHO chronicle*, *38*(3), pp. 104–108. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00006-6)
- Gosling, S. N., e Arnell, N. W. (2016). A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change*, *134*(3), pp. 371–385. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0853-x>

- Grosvenor, G. M., Fahey, J. M., Johns, C., e McNulty, W. (2010). World of Rivers. Acedido em 16 de Março de 2018. Disponível em <https://www.nationalgeographic.org/hires/world-rivers/>
- Guarino, A. S. (2017). The Economic Implications of Global Water Scarcity. *Research in Economics and Management*, 2(1), pp. 51. <https://doi.org/10.22158/rem.v2n1p51>
- Hackett, C., e McClendon, D. (2015). Christians remain world's largest religious group, but they are declining in Europe. Acedido em 18 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2017/04/05/christians-remain-worlds-largest-religious-group-but-they-are-declining-in-europe/>
- Halem, D. Van. (2014). *Introduction to drinking water treatment in developing countries*.
- Hammond, C. B. (2015). Low-cost techniques for assessing the quality of drinking water from biosand filters.
- Harada, H., Dong, N. T., e Matsui, S. (2008). A measure for provisional-and-urgent sanitary improvement in developing countries : septic-tank performance improvement, pp. 1305–1312. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.715>
- Hathi, P., Haque, S., Pant, L., Coffey, D., e Spears, D. (2014). Place and Child Health: The Interaction of Population Density and Sanitation in Developing Countries. *Demography*, 54(1), pp. 337–360. <https://doi.org/10.1007/s13524-016-0538-y>
- Heijnen, M., Cumming, O., Peletz, R., Chan, G. K. S., Brown, J., Baker, K., e Clasen, T. (2014). Shared sanitation versus individual household latrines: A systematic review of health outcomes. *PLoS ONE*, 9(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093300>
- Helvetas Swiss Intercooperation - Nepal. (sem data). Arsenic bio-sand filter. Acedido em 23 de Fevereiro de 2018. Disponível em https://nepal.helvetas.org/en/country_programme/innovation_new/arsenic/
- Herron, A. H., Dabelko, G., Ganter, J. C., Lantagne, D. S., Quick, R., Mintz, E. D., Oldfield, J., e Youngblood, C. (2006). Water stories : Expanding opportunities in small-scale water and sanitation projects. *Water Stories*, pp. 98.
- Hillie, T., e Hlophe, M. (2007). Nanotechnology and the challenge of clean water : Article : Nature Nanotechnology, 2(November), pp. 663–664.
- Johnson, R. C., Boni, G., Barogui, Y., Sopoh, G. E., Houndonougbo, M., Anagonou, E., Agossadou, D., Diez, G., e Boko, M. (2015). Assessment of water, sanitation, and hygiene practices and associated factors in a Buruli ulcer endemic district in Benin (West Africa). *BMC Public Health*, 15(1), pp. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2154-y>
- Keane, D. A., McGuigan, K. G., Ibáñez, P. F., Polo-López, M. I., Byrne, J. A., Dunlop, P. S. M., O'Shea, K., Dionysiou, D. D., e Pillai, S. C. (2014). Solar photocatalysis for water disinfection: materials and reactor design. *Catal. Sci. Technol.*, 4(5), pp. 1211–1226. <https://doi.org/10.1039/C4CY00006D>

- Khan, E. U., Mainali, B., Martin, A., e Silveira, S. (2014). Techno-economic analysis of small scale biogas based polygeneration systems: Bangladesh case study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 7, pp. 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2014.03.004>
- Lamichhane, K. M. (2007). On-site sanitation: A viable alternative to modern wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, 55(1–2), pp. 433–440. <https://doi.org/10.2166/wst.2007.044>
- Lettinga, G., e Hulshoff, L. W. (1992). *Design of Anaerobic Processes for the treatment of industrial and municipal wastes*. (J. F. Malina & F. G. Pohland, Eds.) (1ª Edição). Pennsylvania, USA: Technomic.
- Liu, J., Hertel, T., e Taheripour, F. (sem data). Analyzing Future Water Scarcity in Computable General Equilibrium Models.
- Loureiro, L. V. (2013). Bombas e bombeamento de líquidos. *Universidade de São Paulo*.
- Martins, R. C. (2004). *A construção social do valor econômico da água - Estudo sociológico sobre agricultura, ruralidade e valoração ambiental no estado de São Paulo*. São Paulo.
- Massoud, M. A., Tarhini, A., e Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management : Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, 90(1), pp. 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>
- McConville, J. (2003). How to Promote the Use of Latrines in Developing Countries. *Michigan Technological University*. <http://www.cee.> (April), pp. 1–21.
- McGuigan, K. G., Conroy, R. M., Mosler, H. J., du Preez, M., Ubomba-Jaswa, E., e Fernandez-Ibañez, P. (2012). Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top. *Journal of Hazardous Materials*, 235–236, pp. 29–46. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.053>
- Mekonnen, M., e Hoekstra, Y. A. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances*, 2(February), pp. 1–7. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4ª Edição). McGraw Hill.
- Meyer, B. (2012). Christianity in Africa: From African Independent to Pentecostal-Charismatic Churches. *The Wiley-Blackwell Companion to African Religions*, pp. 153–170. <https://doi.org/10.1002/9781118255513.ch9>
- Montgomery, M. A., e Elimelech, M. (2007). Water and Sanitation in Developing Countries: Including Health in the Equation. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/es072435t>
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy, N., e May, P. H. (2010). Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services ☆. *Ecological Economics*, 69(6), pp. 1202–1208. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.006>

- NASA. (2016). Land Surface Temperature - NASA Earth Observations. Acedido em 13 de Março de 2018. Disponível em https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/view.php?datasetId=MOD11C1_M_LSTDA&year=2016
- Nawab, B., Nyborg, I. L. P., Esser, K. B., e Jenssen, P. D. (2006). Cultural preferences in designing ecological sanitation systems in North West Frontier Province, Pakistan. *Journal of Environmental Psychology*, 26(3), pp. 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.07.005>
- OMS. (2007). Drinking Water. Acedido em 10 de Janeiro de 2018. Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/water.pdf
- OMS. (2018). Sustainable Development Goals (SDGs). Acedido em 9 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://www.who.int/sdg/en/>
- ONU. (2012). RIO+20 O futuro que queremos - Fatos sobre água e saneamento, pp. 2010–2012.
- Oxford Poverty & Human Development Initiative. (2018). Global MPI Interactive Databank. Acedido em 10 de Março de 2018. Disponível em <http://www.dataforall.org/dashboard/ophi/index.php>
- Pandit, A. B., e Kumar, J. K. (2015). Clean Water for Developing Countries. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 6(1), pp. 217–246. <https://doi.org/10.1146/annurev-chembioeng-061114-123432>
- Parlamento Europeu. (2000). DIRECTIVA 2000/60/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 23 de Outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água - Diretiva Quadro da Água, (7).
- Pendergast, M. M., e Hoek, E. M. V. (2011). A review of water treatment membrane nanotechnologies. *Energy & Environmental Science*, 4(6), pp. 1946. <https://doi.org/10.1039/c0ee00541j>
- Pereira, L. S., Cordery, I., e Iacovides, I. (2002). Coping with water scarcity. *INTERNATIONAL HYDROLOGICAL PROGRAMME - UNESCO*, (58).
- Peter-Varbanets, M., Dreyer, K., McFadden, N., Ouma, H., Wanyama, K., Etenu, C., e Meierhofer, R. (2017). Evaluating novel gravity-driven membrane (GDM) water kiosks in schools, (October).
- Pierik, B. (2011). *Plastic bags for water treatment: A new approach to solar disinfection of drinking water*. University of British Columbia.
- Porkka, M., Gerten, D., Schaphoff, S., Siebert, S., e Kummu, M. (2016). Causes and trends of water scarcity in food production. *Environ.Res. Lett.*, 11.
- Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford Jr, J. M., Cumming, O., Curtis, V., Bonjour, S., Dangour, A. D., De France, J., Fewtrell, L., Freeman, M. C., Gordon, B., Hunter, P. R., Johnston, R. B., Mathers, C., Mäusezahl, D., Medlicott, K., Neira, M., Stocks, M., Wolf, J., e

- Caincross, S. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low- and middle-income settings : a retrospective analysis of data from 145 countries, 19(8), pp. 894–905. <https://doi.org/10.1111/tmi.12329>
- Pruss, A., Kay, D., Fewtrell, L., e Bartram, J. (2002). Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation, Hygiene at a Global Level. *Environmental Health Perspectives*, 110(5), pp. 537. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110537>
- Qasim, S. (1999). *Wastewater Treatment Plants - Planning, Design and Operation* (2ª Edição). CRC Press.
- Raboni, M., Gavasci, R., e Urbini, G. (2014). UASB followed by sub-surface horizontal flow phytodepuration for the treatment of the sewage generated by a small rural community. *Sustainability (Switzerland)*, 6(10), pp. 6998–7012. <https://doi.org/10.3390/su6106998>
- Ribeiro, W. C. (2008). *Geografia Política da Água* (1ª Edição). São Paulo: ANNABLUME.
- Robinson, A. H. (1995). *Elements of Cartography*. (A. H. Robinson, Ed.) (6ª Edição). Michigan: Wiley.
- Routray, P., Schmidt, W.-P., Boisson, S., Clasen, T., e Jenkins, M. W. (2015). Socio-cultural and behavioural factors constraining latrine adoption in rural coastal Odisha: An exploratory qualitative study. *BMC Public Health*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-015-2206-3>
- Santo, L. A. (2008). *Sistemas Simplificados de Saneamento de Águas Residuais: Abordagem Integrada*. IST-UTL.
- Schäfer, A. I., Hughes, G., e Richards, B. S. (2014). Renewable energy powered membrane technology: A leapfrog approach to rural water treatment in developing countries? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, pp. 542–556. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.164>
- Schouten, M. A. C., e Mathenge, R. W. (2010). Communal sanitation alternatives for slums: A case study of Kibera, Kenya. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35(13–14), pp. 815–822. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.07.002>
- Seco, T. C., Duarte, A. A. L. S., Peres, J. A., e Bentes, I. (2008). Avaliação do Desempenho de Sistemas de Leitos de Macrófitas no Tratamento de Águas Residuais Domésticas.
- Seymour, Z., e Hughes, J. (2014). Sanitation in developing countries: a systematic review of user preferences and motivations. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 4(4), pp. 681. <https://doi.org/10.2166/washdev.2014.127>
- Singh, N. K., Kazmi, A. A., e Starkl, M. (2015). A review on full-scale decentralized wastewater treatment systems: techno-economical approach. *Water Science and Technology*. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.413>
- Surendra, K. C., Takara, D., Hashimoto, A. G., e Kumar, S. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries : Opportunities and challenges. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews*, 31, pp. 846–859. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.015>
- Tauseef, S. M., Premalatha, M., Abbasi, T., e Abbasi, S. A. (2013). Methane capture from livestock manure. *Journal of Environmental Management*, 117, pp. 187–207. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.022>
- Teksoy, A., e Eleren, S. Ç. (2017). Drinking Water Disinfection by Solar Radiation. *Environment and Ecology Research*, 5(5), pp. 400–408. <https://doi.org/10.13189/eer.2017.050510>
- TRIDENT INNOVATIONS. (2012). Anaerobic Treatment System - UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BED (UASB). Acedido em 6 de Março de 2018. Disponível em <http://www.tridentinno.com.my/technologies/anaerobic-treatment-systems/>
- Uddin, S. M. N., Muhandiki, V. S., Sakai, A., Al Mamun, A., e Hridi, S. M. (2014). Socio-cultural acceptance of appropriate technology: Identifying and prioritizing barriers for widespread use of the urine diversion toilets in rural Muslim communities of Bangladesh. *Technology in Society*, 38, pp. 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2014.02.002>
- UN. (2016). Report of the secretary general on the work of the organization. *General Assembly*, (1), pp. 1–36.
- UNDP. (2016). *Human development report 2016. United Nations Development Programme*. <https://doi.org/eISBN:978-92-1-060036-1>
- UNDP. (2018a). Millennium Development Goals - UNDP. Acedido em 9 de Janeiro de 2018. Disponível em http://www.undp.org/content/undp/en/home/sdgoverview/mdg_goals.html
- UNDP. (2018b). Sustainable Development Goals - UNDP. Acedido em 9 de Janeiro de 2018. Disponível em <http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html>
- UNEP. (2011). *Towards a Green Economy - Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*.
- UNESCO. (2017). *Wastewater: The Untapped Resource. The United Nations World Water Development Report. Wastewater. The Untapped Resource*.
- UNICEF, e WHO. (2017). *Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene*. <https://doi.org/10.1111/tmi.12329>
- Van der Laan, H., van Halem, D., Smeets, P. W. M. H., Soppe, A. I. A., Kroesbergen, J., Wubbels, G., Nederstigt, J., Gensburger, I., e Heijman, S. G. J. (2014). Bacteria and virus removal effectiveness of ceramic pot filters with different silver applications in a long term experiment. *Water Research*, 51, pp. 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.010>
- van Halem, D., van der Laan, H., Heijman, S. G. J., van Dijk, J. C., e Amy, G. L. (2009). Assessing the sustainability of the silver-impregnated ceramic pot filter for low-cost household drinking water treatment. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34(1–2), pp. 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.01.005>

- Vörösmarty, C. J. ., Green, P., Salisbury, J., e Lammers, B. . (2000). Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science*, 289(5477), pp. 284–288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477.284>
- Ward, F. A., e Michelsen, A. (2002). The economic value of water in agriculture : concepts and policy applications \$, 4, pp. 423–446.
- WaterAid. (2016). Água : a que Preço ? O Estado da Água no mundo em 2016.
- Wiggins, S., e Proctor, S. (2001). How Special Are Rural Areas? The Economic Implications of Location for Rural Development, 19(January), pp. 427–436.
- Winblad, U. (1997). Towards an Ecological Approach to Sanitation. *Swedish International Development Cooperation Agency*.
- World Bank. (2005). *How Much is an Ecosystem worth? Assessing the economic value of conservation*.
- World Bank. (2016). *Poverty and Shared Prosperity: Taking on Inequality*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0958-3>
- Wu, H., Zhang, J., Ngo, H. H., Guo, W., Hu, Z., Liang, S., Fan, J., e Liu, H. (2014). A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment : Design and operation. *BIORESOURCE TECHNOLOGY*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.068>
- WWF. (2017). Water Scarcity. Acedido em 15 de Janeiro de 2018. Disponível em <https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity>
- Young, R. A., e Loomis, J. B. (2014). *Determing the Economic Value of Water: Concepts and Methods* (2nd Editio). RFF Press.
- Zhang, D. Q., Jinadasa, K. B. S. N., Gersberg, R. M., Liu, Y., Ng, W. J., e Tan, S. K. (2014). Application of constructed wetlands for wastewater treatment in developing countries – A review of recent developments (2000–2013). *Journal of Environmental Management*, 141, pp. 116–131. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.03.015>

Anexos

Guião de entrevista a actores-chave

Este guião foi desenvolvido no âmbito da dissertação de mestrado “INSTALAÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO EM ZONAS RURAIS E PERIURBANAS DE PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO”. A dissertação consiste no estudo e desenvolvimento de uma instalação sanitária destinada a zonas rurais e periurbanas de países em desenvolvimento, com o intuito de mitigar algumas das necessidades básicas das populações afectas ao estudo. Esta instalação será constituída por diversos módulos responsáveis pela recolha das águas residuais, pelo fornecimento de água potável e pelo fornecimento de energia a uma cozinha comunitária. Será avaliada ainda a possibilidade de reutilização de águas residuais e de águas pluviais tratadas para irrigação de campos agrícolas.

Questões

Necessidades da comunidade

1. Na sua óptica, de uma forma geral, quais são as principais necessidades das comunidades rurais e periurbanas de países em vias de desenvolvimento no que diz respeito à gestão da água?
2. Consideraria vantajoso o fornecimento de energia renovável com a finalidade de criar uma cozinha comunitária?
3. Seria relevante, do seu ponto de vista, que a instalação possuísse um compartimento designado à recolha de resíduos orgânicos?
4. Na sua opinião qual seria o raio de abrangência máximo da instalação considerada adequado?

Limitações culturais

5. Com base na sua experiência, pensa que haveria aceitação desta instalação sanitária, por parte da maioria das comunidades rurais e periurbanas dos países em vias de desenvolvimento?
6. Considera que a aplicação de lamas, provenientes do tratamento de águas residuais, nos solos agrícolas com o intuito de realizar a sua fertilização seria uma mais valia? E pensa que seria aceite pela população em análise? Se não, quais são os principais obstáculos e como os ultrapassar?
7. Pensa que haveria abertura por parte das comunidades rurais e periurbanas relativamente à utilização de águas residuais tratadas para irrigação de campos agrícolas?

Utilização da instalação

8. Considera que um equipamento pré-fabricado de fácil montagem/desmontagem e de fácil transporte poderá ser uma boa medida para zonas rurais de países em vias de desenvolvimento? (Com a possibilidade de que no futuro, aquando da construção de instalações definitivas, o equipamento possa ser realocado noutra zona.)
9. Que limitações pensa que o equipamento poderá apresentar do ponto de vista de utilização e implementação?

Anexo II - Currículos dos Actores-chave

Denilson Teixeira

14 de Dezembro, 2017

- Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Federal de São Carlos – 1989;
- Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental na Universidade de São Paulo – 1997;
- Doutoramento em Ciências da Engenharia Ambiental na Universidade de São Paulo – 2000;
- Consultoria ambiental: Ecoturismo, gestão de recursos hídricos e gestão de água de abastecimento – entre 1995 e 2000;
- Coordenador técnico científico no Centro de Estudos Ambientais da Universidade de Araraquara – entre 2002 e 2012;
- Professor adjunto e investigador dos programas de pós-graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária e em Ciências Ambientais, na Universidade Federal de Goiás – Actualmente;
- Programa pós doutoral em Indicadores de Sustentabilidade no CENSE na UNL – 2017;
- Experiência de campo: Brasil.

Laura Korčulanin

1 de Fevereiro, 2018

- Mestrado em antropologia cultural na Universidade de Ljubljana – 2013;
- Fundadora do projecto “*Give a Shit*”, que consiste na consciencialização da população, com especial destaque para os assuntos relacionados com o uso de água em instalações sanitárias. Este projecto tem como grande objectivo recorrer à reorganização social e à inovação tecnológica para acabar com o uso de água potável nos sanitários – 2013 até actualidade;
- Docente no IADE das cadeiras de sociologia do design, criatividade e inovação e estudos socioculturais – 2016 até actualidade;
- Doutoramento em *design* antropológico com o tema: “*Social reorganization within toilet design*”: O estudo que se encontra a desenvolver tem por base a reorganização das instalações sanitárias, com vista à inovação do design destes equipamentos e à auto-suficiência da população – Actualmente;
- Pertence à Associação Europeia de Antropólogos Sociais – 2017 até actualidade;
- Experiência de campo: Índia.

Rita Marteleira

6 de Fevereiro, 2018

- Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente na FCT da UNL – 2011;
- Investigadora no IST – 2011;
- Mestrado em Engenharia e Gestão da Água na FCT da UNL – 2014;
- Doutoramento em Alterações Climáticas e Políticas de Desenvolvimento Sustentável numa parceria entre a UNL e o IST. Sob o tema “*Improving the resilience of water supply towards climate change impacts in Tacloban, Philippines*”, a Engenheira Rita Marteleira encontra-se actualmente a realizar a modelação hidrológica, com recurso a SIG, da cidade de Tacloban

nas Filipinas com o objectivo de determinar como se pode melhorar a resiliência do sistema de abastecimento de água– Actualmente;

- Experiência de campo: Filipinas.

Manuel Almeida

6 de Fevereiro, 2018

- Licenciatura em Engenharia do Ambiente na Universidade dos Açores – 2001;
- Investigador na UNL na área de hidrologia e recursos hídricos, tendo participado em diversos projectos e publicações – entre 2001 e 2014;
- Colaborados na docência da cadeira de hidrologia dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia do Ambiente e Engenharia Geológica na FCT da UNL – entre 2001 e 2008;
- Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente (Perfil de Gestão de Sistemas Ambientais) na FCT da UNL – 2009;
- Doutoramento na UNL com o tema “Simulação matemática do regime térmico de sistemas lacustres no sistema climático projectado” – 2013;
- Consultor sénior na área de hidrologia e hidrometria na Douro ECI, onde assumiu funções de team leader em projectos desenvolvidos em Angola – Actualmente;
- Experiência de campo: Angola.

Lara Espírito Santo

10 de Fevereiro, 2018

- Licenciatura em Ciências da Engenharia do Ambiente no IST – 2006;
- Mestrado em Engenharia do Ambiente com o tema de tese “Sistemas Simplificados de Saneamento de Águas Residuais” no IST – 2008;
- Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Gestão Integrada de Resíduos na FCT da UNL – 2011;
- Consultoria: desenvolvimento de projectos tanto em Portugal como em Angola, tendo passado por diversas empresas, nomeadamente *IMS Health*, *HIDRA*, *Vista Water* e *Resurb-Ambiente* – entre 2008 e 2016;
- ONG *People in Need* onde estudou a implementação de CLTS (*Community-Led Total Sanitation*) em Angola – 2016;
- Engenheira na TESE Sem Fronteiras onde ocupa os cargos de responsável do sector WASH (*Water, Sanitation and Hygiene*) e de coordenadora de projectos na Guiné-Bissau – Actualmente;
- Experiência de campo: Angola e Guiné-Bissau.

Raquel Sousa

12 de Fevereiro, 2018

- Licenciatura em Geologia na UL – 2007;
- Pós graduação em Processos Geológicos, Ciências da Terra, Espaço e Atmosfera na Universidade de Évora – 2012;
- Mestrado em Geologia na Universidade de Évora com o tema de tese “*Exploratory spatial analysis of topographic surface metrics for the prediction of water table occurrence*” – 2014;

- Consultoria: projectos de desenvolvimento de centrais mini-hídricas, de parques eólicos e de barragens na Saigrene e na MecaSolos – entre 2011 e 2017;
- Presidente do capítulo nacional da Associação Internacional de Hidrologia (AIH) – Actualmente;
- Engenheira na TESE Sem Fronteiras onde ocupa o cargo de técnica de projecto no PADSAE (programa de apoio à descentralização dos serviços de água e energia) na Guiné-Bissau – Actualmente;
- Experiência de campo: Cabo Verde, Quénia e Guiné-Bissau.

Georgios Xenaki

13 de Fevereiro, 2018

- Mestrado em Engenharia Mecânica na *National Technical University* em Atenas – 2009;
- Bolsa de investigação na *École de Mines* em Paris onde estudou “*Impact analysis of electricity tariff structures and tariff incentives on decentralized generation of optimized building management*” – 2012;
- Mestrado em Estratégias Energéticas na *École de Mines* em Paris – 2013;
- Consultoria: projectos de estratégia e política energética e de implementação e manutenção de energias renováveis – entre 2012 e 2017;
- Engenheiro na TESE Sem Fronteiras onde ocupa o cargo de responsável do sector energético e coordena projectos orientados para a implementação e manutenção de serviços energéticos na Guiné-Bissau – Actualmente;
- Experiência de campo: Guiné-Bissau.

Eugénio Santiago

26 de Fevereiro, 2018

- Licenciatura em Engenharia Civil (Perfil de Hidráulica) na Universidade de Coimbra – 1986;
- Pós-graduação em Hidráulica Urbana na Universidade de Coimbra – 2001;
- Engenheiro Civil: Planos e projectos de saneamento básico (ETA's, adução, distribuição, ETAR's e drenagem) na Direcção Regional de Ambiente do Centro – 1993-2000;
- Pertenceu à Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH) entre 1994-2014;
- Engenheiro Civil: Colaborações em projectos de engenharia sanitária (elaboração e coordenação de projectos de execução de ETAR's e coordenação de projectos de concepção e desenvolvimento industrial de equipamentos modulares pré-fabricados para tratamento de efluentes residuais domésticos de pequenos aglomerados urbanos) na PLA-Planeamento e Gestão do Ambiente, Lda – 1996-2000;
- Docente convidado na Escola Superior Agrária de Coimbra das cadeiras de Tratamento de efluentes e Gestão de sistemas de tratamento na Licenciatura em Engenharia do Ambiente – 2000-2009;
- Formador de Sistemas de tratamento de águas residuais urbanas em São Tomé e Príncipe (2009), no Brasil (2010) e em Moçambique (2012);
- Realização de dois projectos: dois blocos sanitários (um colectivo em 2009 e um familiar entre 2011 e 2012) destinados a zonas rurais de África;

- Chefe de divisão e cooperação técnica financeira na Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região Centro (CCDRC): Coordenação do apoio técnico e do acompanhamento dos municípios e freguesias da região centro – Actualmente;
- Experiência de campo: São Tomé e Príncipe, Brasil, Moçambique, Angola, Cabo Verde e Guiné-Bissau.

Edite Rodrigues

29 de Março de 2018

- Licenciatura em Engenharia do Ambiente na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro – 2005;
- Pós-graduação em Energias Renováveis e Gestão de Energia na Universidade do Algarve – 2008;
- Consultora externa na área de resíduos na Câmara Municipal de Loulé – 2007-2011;
- Perita internacional de resíduos na TESE Sem Fronteiras em São Tomé e Príncipe (Projecto ValoRES) – 2013-2016;
- Engenheira na TESE Sem Fronteiras onde ocupou o cargo de gestora local de projecto em Moçambique (Resiliência às alterações climáticas)– 2016;
- Coordenadora de País e Gestora de Projectos na TESE Sem Fronteiras em São Tomé e Príncipe – Actualmente;
- Experiência de campo: São Tomé e Príncipe e Moçambique.

Anexo III – Tabelas auxiliares ao modelo de previsão de biogás

Tabela A.III.1. – Características do estrume dos diversos animais de criação considerado (vacas leiteiras, vacas, porcos, ovelhas, cabras e aves domésticas)

Fonte	Animal	Massa de fezes (kg/cabeça.dia)	SST (kg/cabeça.dia)	CQO (kg/cabeça.dia)	SSV (kg/cabeça.dia)	Mistura (%)
Tauseef et al, 2013; McCarty, 1976	Vacas leiteiras	68,00	8,9	8,1	7,5	87%
Tauseef et al, 2013; McCarty, 1976	Vacas	29,41	2,353	1,961	1,895	92%
Tauseef et al, 2013; McCarty, 1976	Porcos	3,80	0,38	0,27	0,34	90%
Tauseef et al, 2013; McCarty, 1976	Ovelhas e cabras	1,80	0,6	0,27	0,34	90%
Tauseef et al, 2013; McCarty, 1976	Aves domésticas	0,10	0,027	0,022	0,02	74%

Tabela A.III.2 – Características da excreta do ser humano

Fonte	Massa de fezes (kg/hab.dia)	SST (kg/hab.dia)	CQO (kg/hab.dia)	SSV (kg/hab.dia)
Davies et al, 1986; Rose et al, 2015	0,128	0,032	0,046	0,028

Tabela A.III.3. – Capitação de água e de água residual consoante as diferentes regiões do globo

Fonte	Local	Capitação de água (L/hab.dia)	Coefficiente de afluência (%)	Capitação de águas residuais (L/hab.dia)
Metcalf & Eddy, 2003	China	80	0,85	68
Metcalf & Eddy, 2003	África	35	0,85	30
Metcalf & Eddy, 2003	Sudeste Asiático	70	0,85	60
Metcalf & Eddy, 2003	Pacífico Ocidental	90	0,85	77
Metcalf & Eddy, 2003	Mediterrâneo Oriental	85	0,85	72
Metcalf & Eddy, 2003	América Latina	70	0,85	60

Tabela A.III.4. – Quantidades mínimas de biogás necessárias para cozinhar, para iluminação e para gerar electricidade

Fonte	Biogás para diversos usos	Valor mínimo
Tauseef et al, 2013	Para cozinhar (m ³ /domicílio.dia)	0,3
Tauseef et al, 2013	Para iluminação (m ³ /domicílio.hora)	0,12
Tauseef et al, 2013	Para gerar electricidade - motor bicompostível (m ³ /KWh)	0,6

Tabela A.III.5. – Taxa de produção de metano e peso volúmico do metano consoante a temperatura média
(Lettinga e Hulshoff, 1992; Metcalf & Eddy, 2003)

Temperatura (Cº)	Taxa de produção de metano (m ³ /kg SV)	Peso volúmico do Metano (kg/m ³ = g/L)
15	0,287	0,593
16	0,288	0,595
17	0,289	0,598
18	0,290	0,600
19	0,291	0,602
20	0,292	0,604
21	0,293	0,606
22	0,294	0,608
23	0,295	0,610
24	0,296	0,612
25	0,297	0,614
26	0,298	0,616
27	0,299	0,618
28	0,300	0,620
29	0,301	0,622
30	0,302	0,624
31	0,303	0,626
32	0,304	0,628
33	0,305	0,630
34	0,306	0,633
35	0,307	0,635
36	0,308	0,637
37	0,309	0,639
38	0,310	0,641
39	0,311	0,643
40	0,312	0,645

Anexo IV – Resultados das análises

Relatório de Ensaios

Referência: 978 / 2018	Versão: 1.0	Ref. cliente:
Requisitante: Mariana Simões		Data de colheita: 10-04-2018
Endereço: Travessa da Feteira, nº. 45 - Serra Porto D'Urso - 2425-112 - Monte Real		Data de recepção: 10-04-2018
Tipo de amostra: Água de consumo não tratada		Data de início análise: 10-04-2018
Identificação da amostra: Furo pré-tratamento		Data de fim análise: 10-04-2018
Local da colheita:		Data de emissão: 17-04-2018
Morada: Travessa da Feteira -		
Responsável pela colheita: Cliente		

Ensaio / Método	Resultado	Unidades	V. Recomendado	V. Paramétrico
Condutividade PTFQ 02 (MI) equivalente ao SMEWW 2510 B edição 11	4,9e+2	µS/cm a 20°C	---	2500
pH PTFQ 01 (MI) equivalente ao LAE 5.3.2 edição 14	6,8 (19°C)	Unidades de pH	---	≥ 6,5 e ≤ 9,5
Dureza total PTFQ 07 (MI) equivalente ao SMEWW 2340 C edição 09	2,0e+2	mg/l CaCO ₃	150 - 500	---
Cálcio PTFQ 08 (MI) equivalente ao SMEWW 3500-Ca B edição 09	44	mg/l Ca	100	---

Apreciação:

Os resultados obtidos estão de acordo com os valores paramétricos estabelecidos no Decreto-Lei nº 306/2007 com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº152/2017.

A Chefe de Unidade de Laboratório
de Controlo de Qualidade



Dr.ª Elsa Oliveira

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 23ª Edição; LAE - L'Analyse de l'Eau 10ª Edição, 2016;
EPA - Environmental Protection Agency (USA); NP - Norma Portuguesa; EN - Norma Europeia; ISO - International Organization for Standardization;
DIN - Norma Alemã; PTMxx(MI), PTFQxx(MI) e PTAXx(MI) - Método Interno;
Os resultados inferiores ao limite de quantificação são apresentados com o sinal < (inferior a) antecedendo sempre o valor numérico do referido limite.
A determinação do Magnésio é efetuada com base nos resultados individuais da Dureza Total e Cálcio. Usar os limites de quantificação (LQ) no cálculo, caso algum dos resultados individuais seja inferior ao respetivo LQ.
Método interno equivalente é aquele que tem a mesma área de aplicação (parâmetros e matrizes) e que cumpre as características de desempenho, obtendo resultados comparáveis aos métodos normalizados junto indicados.

A colheita não se encontra no âmbito da acreditação
Nos ensaios assinalados com (#) a colheita não se encontra no âmbito da acreditação.
Os ensaios assinalados com (+) não estão no âmbito da acreditação.
Os ensaios assinalados com (") são ensaios contratados a laboratório com método acreditado.
Os ensaios assinalados com (""") são ensaios contratados a laboratório sem método acreditado.
Os ensaios assinalados com (****) são ensaios subcontratados a laboratório com método acreditado.
Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra designada neste Relatório de Ensaio
Proibida a reprodução, total ou parcial deste documento, salvo autorização expressa do Laboratório.

Relatório de Ensaios

Referência: 979 / 2018	Versão: 1.0	Ref. cliente:
Requisitante: Mariana Simões		Data de colheita: 10-04-2018
Endereço: Travessa da Feteira, nº. 45 - Serra Porto D'Urso - 2425-112 - Monte Real		Data de recepção: 10-04-2018
Tipo de amostra: Água de consumo não tratada		Data de início análise: 10-04-2018
Identificação da amostra: Furo pós-tratamento		Data de fim análise: 13-04-2018
Local da colheita:		Data de emissão: 17-04-2018
Morada: Travessa da Feteira -		
Responsável pela colheita: Cliente		

Ensaio / Método	Resultado	Unidades	V. Recomendado	V. Paramétrico
Pesquisa e Quantificação de Enterococos ISO 7899-2 (2000)	0	Número/100ml	---	0
Quantificação de Bactérias Coliformes ISO 9308-1 (2014)/ Amd.1 (2016)	0	Número/100ml	---	0
Quantificação de Clostridium perfringens ISO 14189 (2013)	0	Número/100ml	---	0
Quantificação de Colónias a 22°C ISO 6222 (1999)	>300	Número/ml	---	s/alteração
Quantificação de Colónias a 36°C ISO 6222 (1999)	>300	Número/ml	---	s/alteração
Quantificação de Escherichia coli ISO 9308-1 (2014)/ Amd.1 (2016)	0	Número/100ml	---	0
Condutividade PTFQ 02 (MI) equivalente ao SMEWW 2510 B edição 11	177	µS/cm a 20°C	---	2500
pH PTFQ 01 (MI) equivalente ao LAE 5.3.2 edição 14	6,9 (19°C)	Unidades de pH	---	≥ 6,5 e ≤ 9,5
Dureza total PTFQ 07 (MI) equivalente ao SMEWW 2340 C edição 09	< 10	mg/l CaCO3	150 - 500	---
Cálcio PTFQ 08 (MI) equivalente ao SMEWW 3500-Ca B edição 09	< 4,0	mg/l Ca	100	---

A colheita não se encontra no âmbito da acreditação
Nos ensaios assinalados com (#) a colheita não se encontra no âmbito da acreditação.
Os ensaios assinalados com (+) não estão no âmbito da acreditação.
Os ensaios assinalados com (**) são ensaios contratados a laboratório com método acreditado.
Os ensaios assinalados com (***) são ensaios contratados a laboratório sem método acreditado.
Os ensaios assinalados com (****) são ensaios subcontratados a laboratório com método acreditado.
Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra designada neste Relatório de Ensaio
Proibida a reprodução, total ou parcial deste documento, salvo autorização expressa do Laboratório.

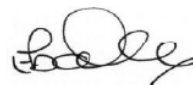
Relatório de Ensaios

Referência: 979 / 2018	Versão: 1.0	Ref. cliente:
Requisitante: Mariana Simões		Data de colheita: 10-04-2018
Endereço: Travessa da Feteira, nº. 45 - Serra Porto D'Urso - 2425-112 - Monte Real		Data de recepção: 10-04-2018
Tipo de amostra: Água de consumo não tratada		Data de início análise: 10-04-2018
Identificação da amostra: Furo pós-tratamento		Data de fim análise: 13-04-2018
Local da colheita:		Data de emissão: 17-04-2018
Morada: Travessa da Feteira -		
Responsável pela colheita: Cliente		

Apreciação:

Os resultados obtidos estão de acordo com os valores paramétricos estabelecidos no Decreto-Lei nº 306/2007 com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº152/2017.

A Chefe de Unidade de Laboratório
de Controlo de Qualidade

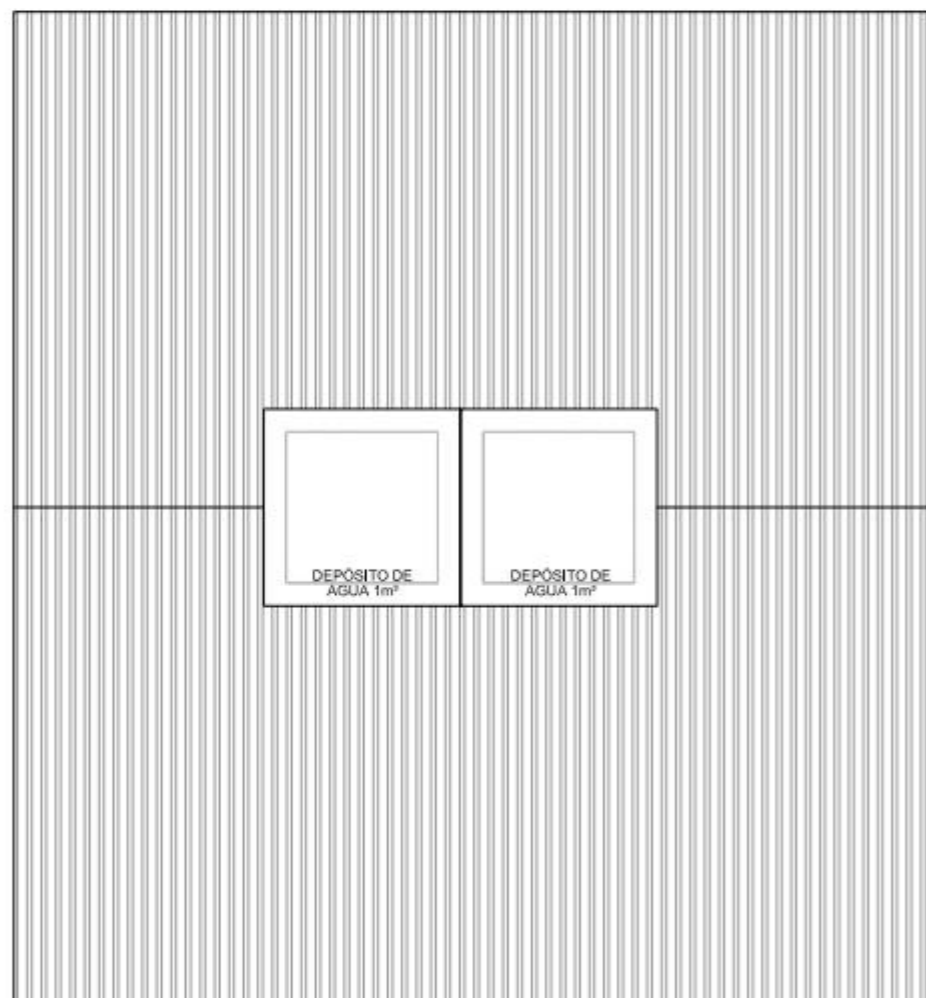


Dr.ª Elsa Oliveira

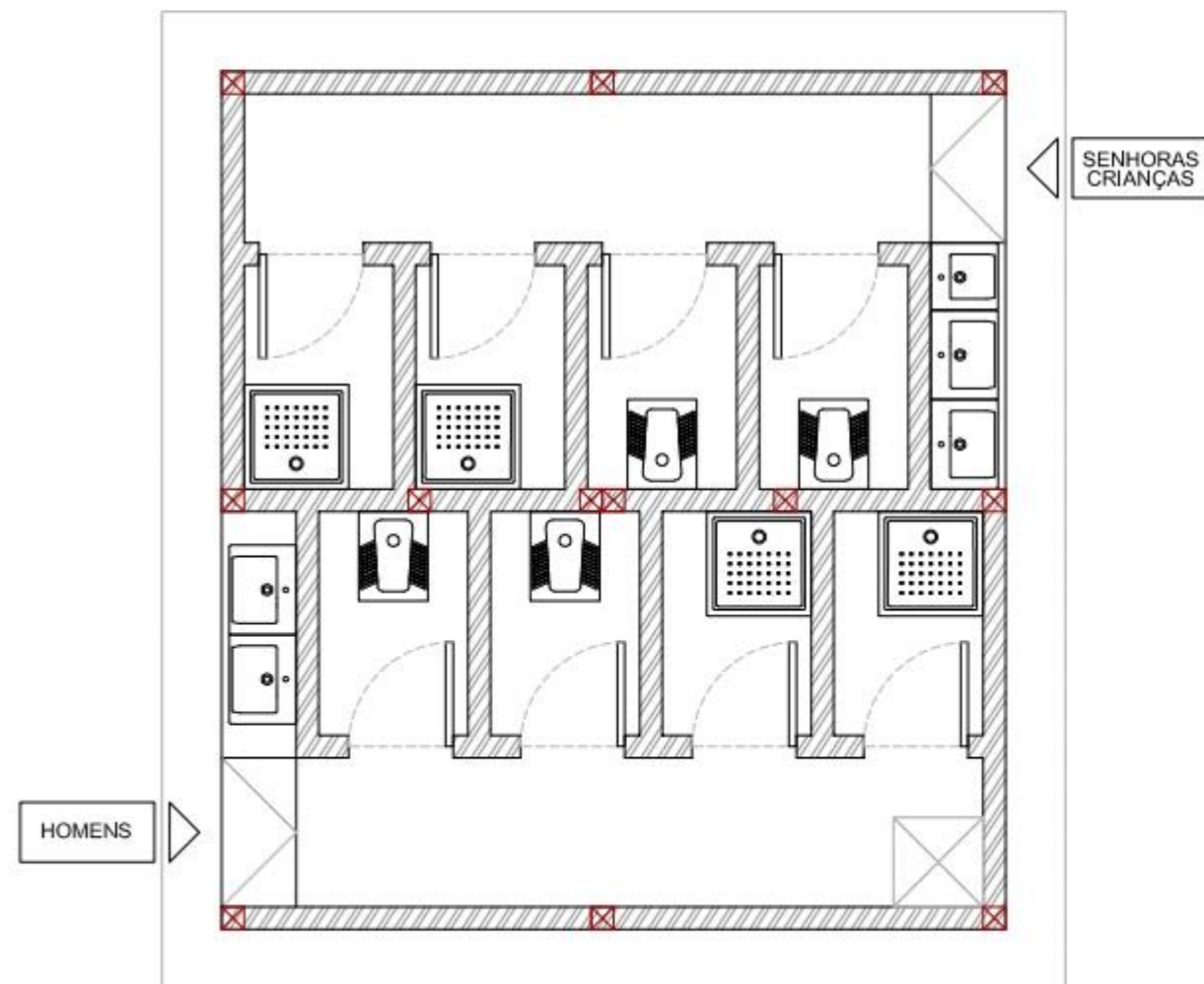
SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 23ª Edição; LAE - L'Analyse de l'Eau 10ª Edição, 2016;
EPA - Environmental Protection Agency (USA); NP - Norma Portuguesa; EN - Norma Europeia; ISO - International Organization for Standardization;
DIN - Norma Alemã; PTMxx(MI), PTFQxx(MI) e PTAXx(MI) - Método Interno;
Os resultados inferiores ao limite de quantificação são apresentados com o sinal < (inferior a) antecedendo sempre o valor numérico do referido limite.
A determinação do Magnésio é efetuada com base nos resultados individuais da Dureza Total e Cálcio. Usar os limites de quantificação (LQ) no cálculo, caso algum dos resultados individuais seja inferior ao respetivo LQ.
Método interno equivalente é aquele que tem a mesma área de aplicação (parâmetros e matrizes) e que cumpre as características de desempenho, obtendo resultados comparáveis aos métodos normalizados junto indicados.

A colheita não se encontra no âmbito da acreditação
Nos ensaios assinalados com (#) a colheita não se encontra no âmbito da acreditação.
Os ensaios assinalados com (+) não estão no âmbito da acreditação.
Os ensaios assinalados com (**) são ensaios contratados a laboratório com método acreditado.
Os ensaios assinalados com (***) são ensaios contratados a laboratório sem método acreditado.
Os ensaios assinalados com (****) são ensaios subcontratados a laboratório com método acreditado.
Os resultados apresentados referem-se exclusivamente à amostra designada neste Relatório de Ensaio
Proibida a reprodução, total ou parcial deste documento, salvo autorização expressa do Laboratório.

Anexo V – Desenhos e pormenores construtivos



PLANTA DE COBERTURA



PLANTA DE PISO

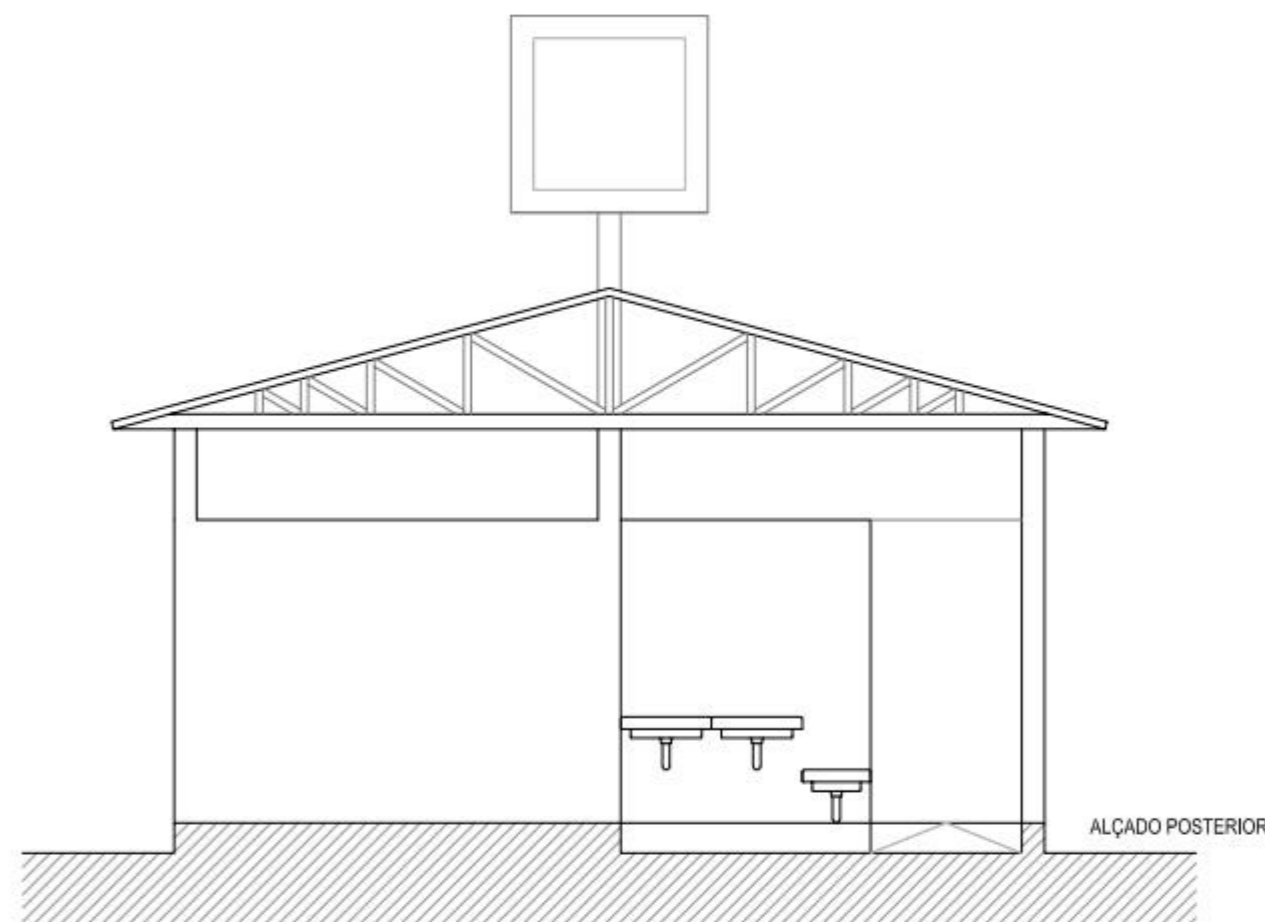
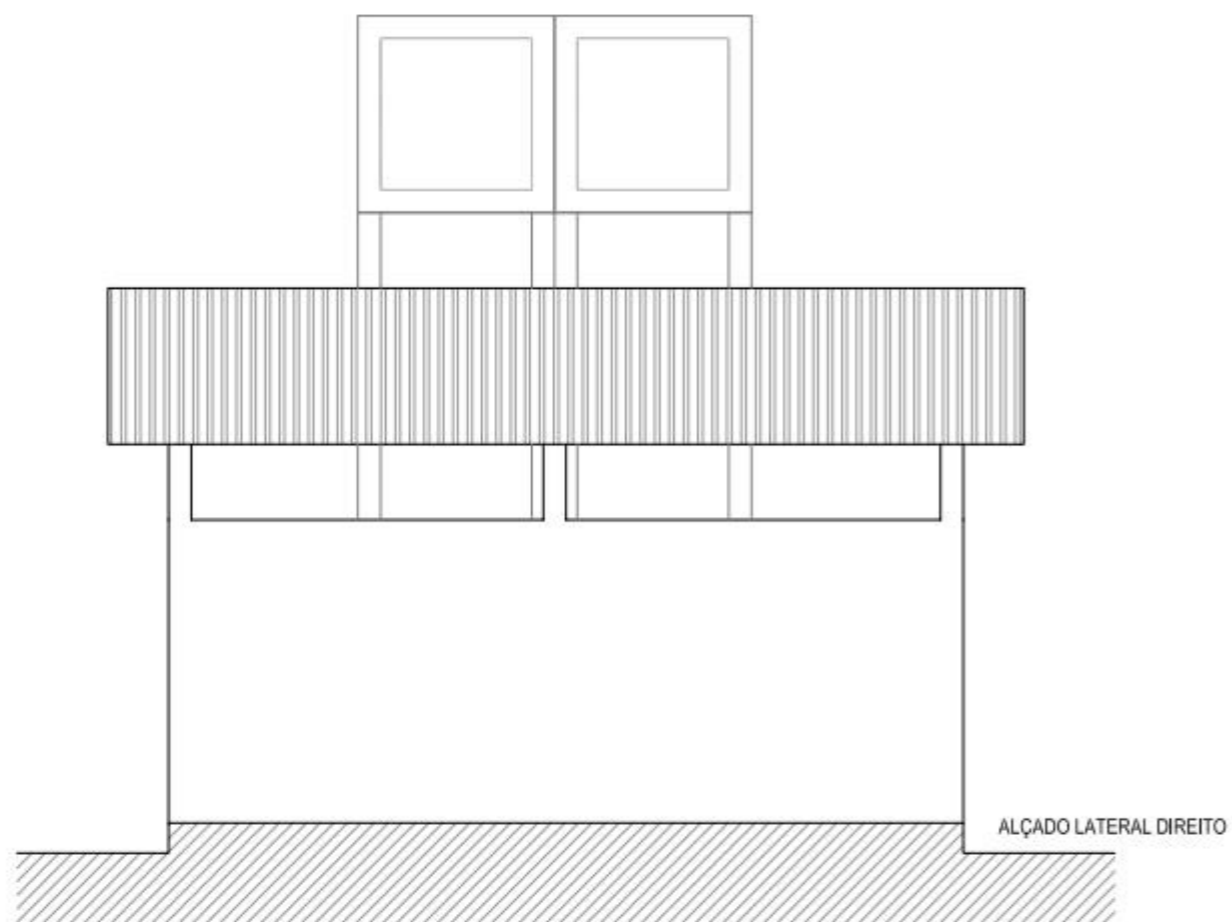
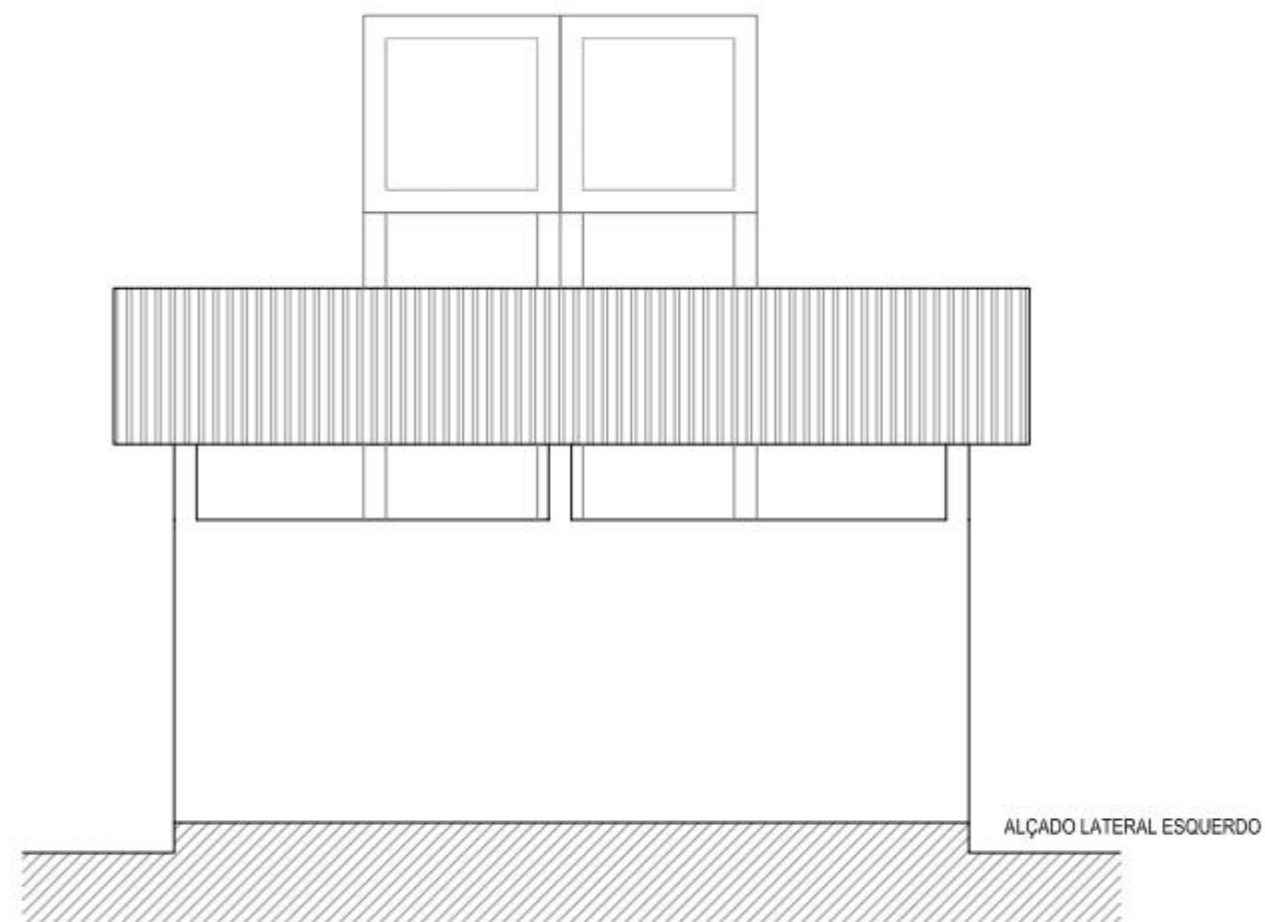
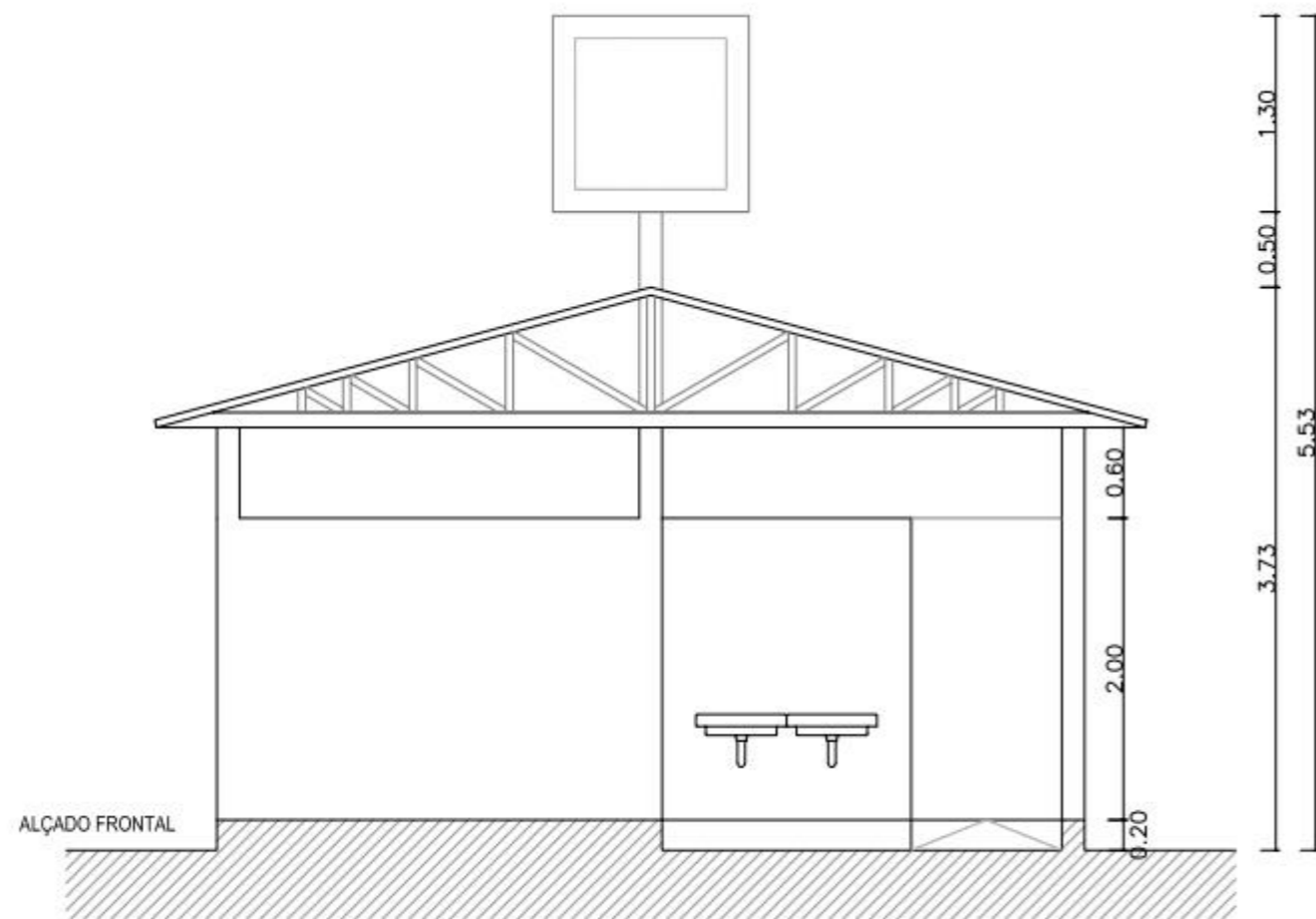
INSTALAÇÃO SANITÁRIA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
 PLANTAS DE COBERTURA E DE PISO - APRESENTAÇÃO

MARINA SPODES
 2018 | P01 GERAL
 Esc 1|50 MAIO | 2018

01





INSTALAÇÃO SANITÁRIA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
ALÇADOS

MARINHA BRANCA

2018 | P01

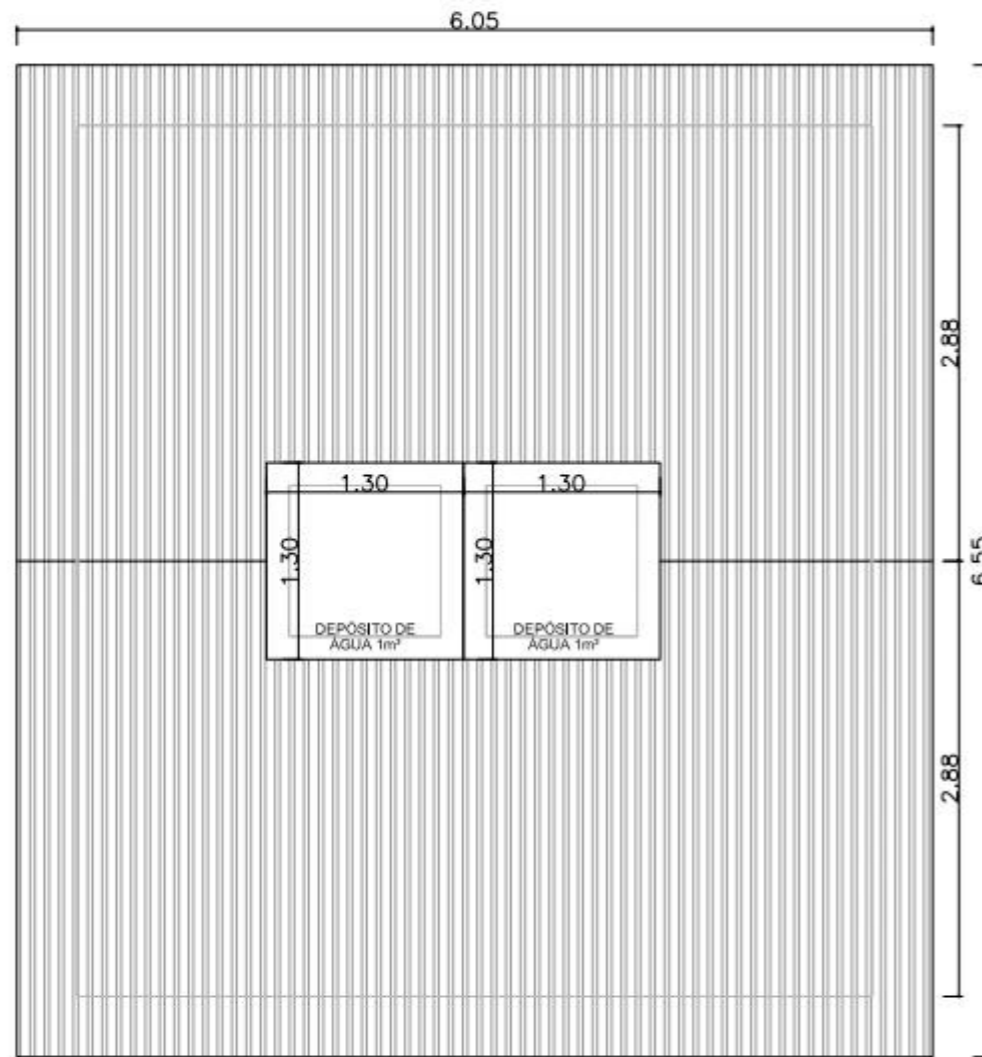
GERAL

Esc 1|50

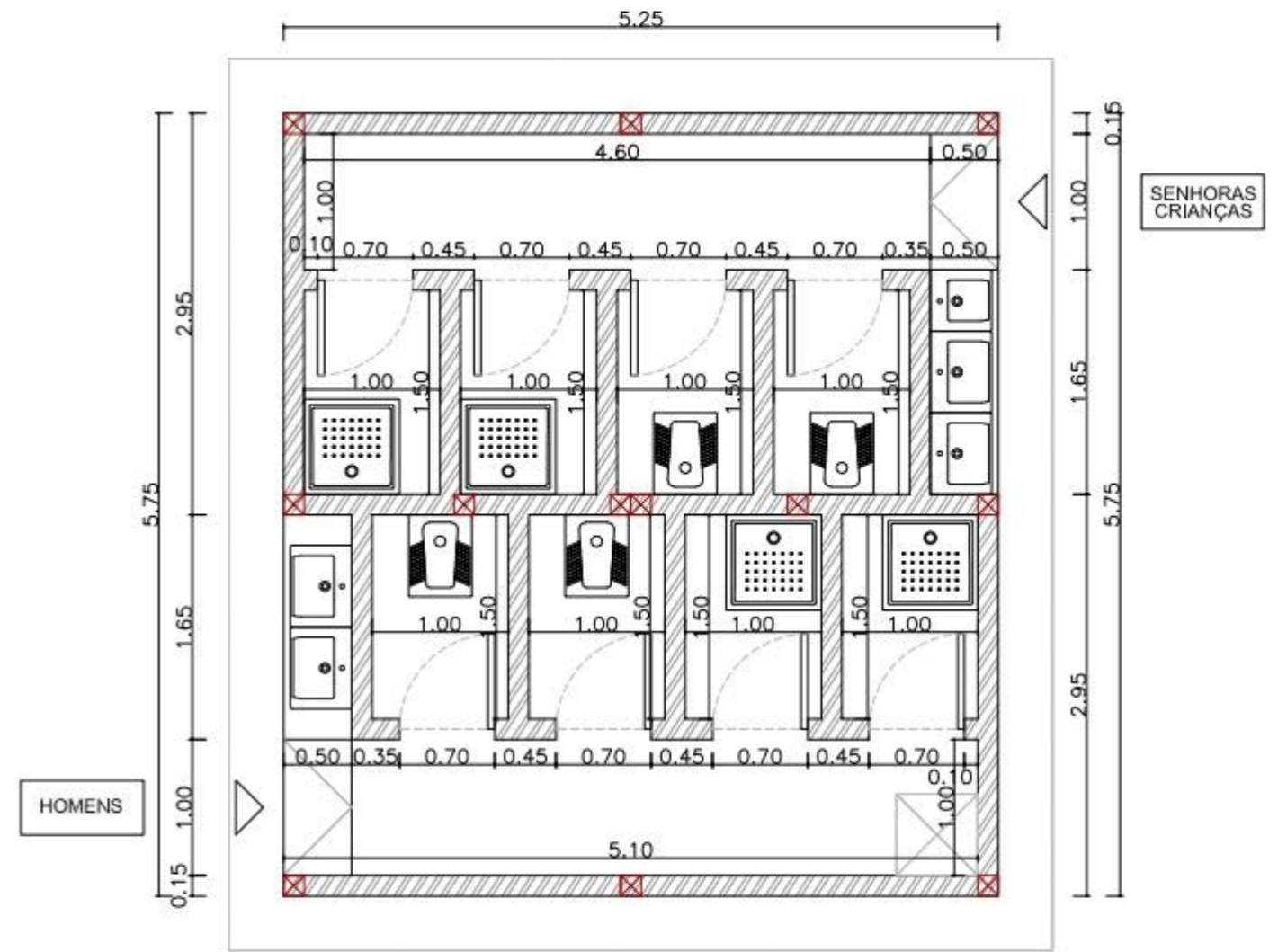
MAIO | 2018

02





PLANTA DE COBERTURA



PLANTA DE PISO

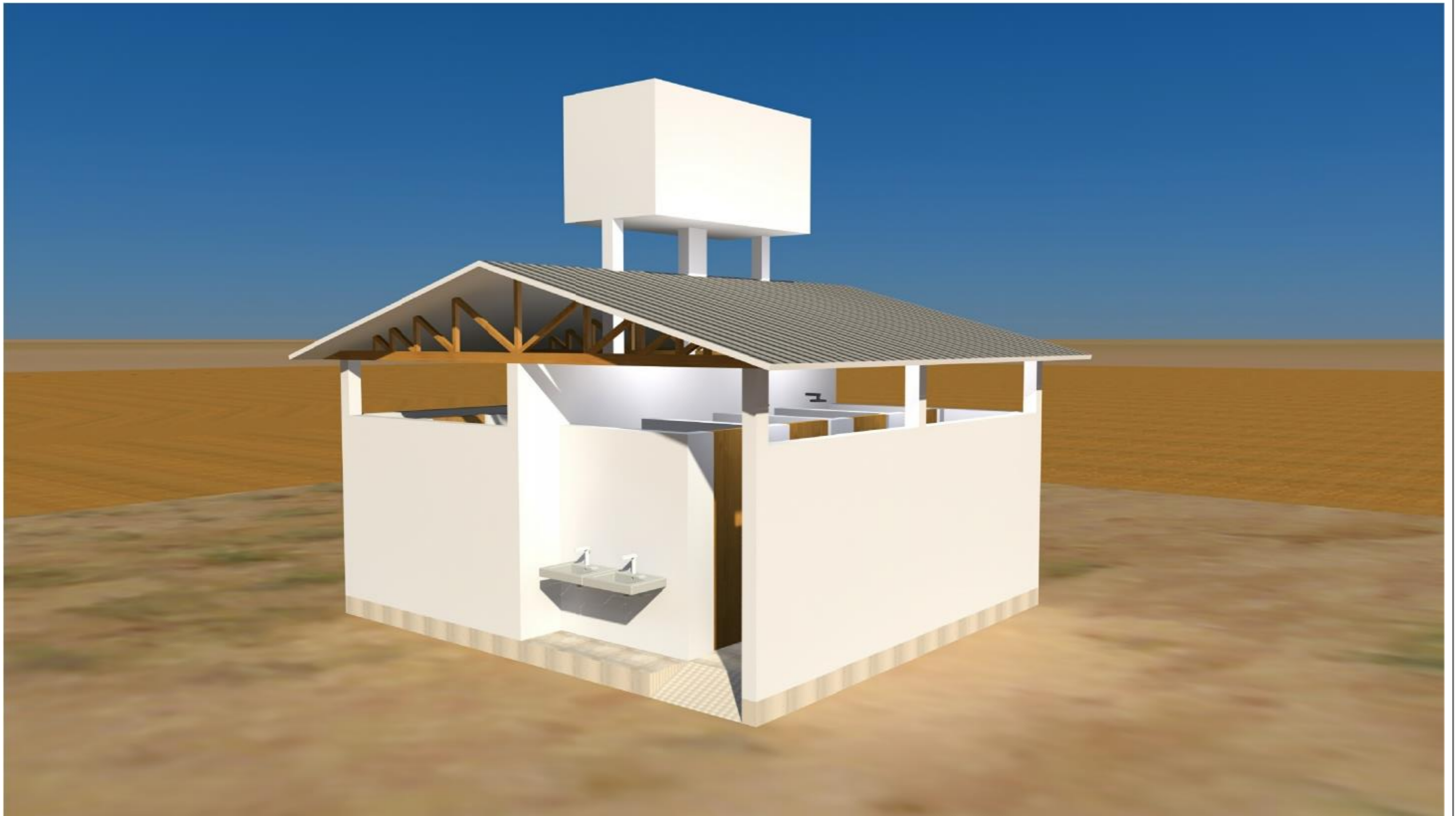
INSTALAÇÃO SANITÁRIA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
PLANTAS DE COBERTURA E DE PISO - COTADAS

MAPAS-PILOS
2018 | P01 GERAL
Esc: 1/50 MAIO | 2018

03





INSTALAÇÃO SANITÁRIA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
MODELO 3D

MARKETING

2018 | P01

GERAL

Esc 1|50

MAIO | 2018

04





INSTALAÇÃO SANITÁRIA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
MODELO 3D

MARINHA S/003

2018 | P01

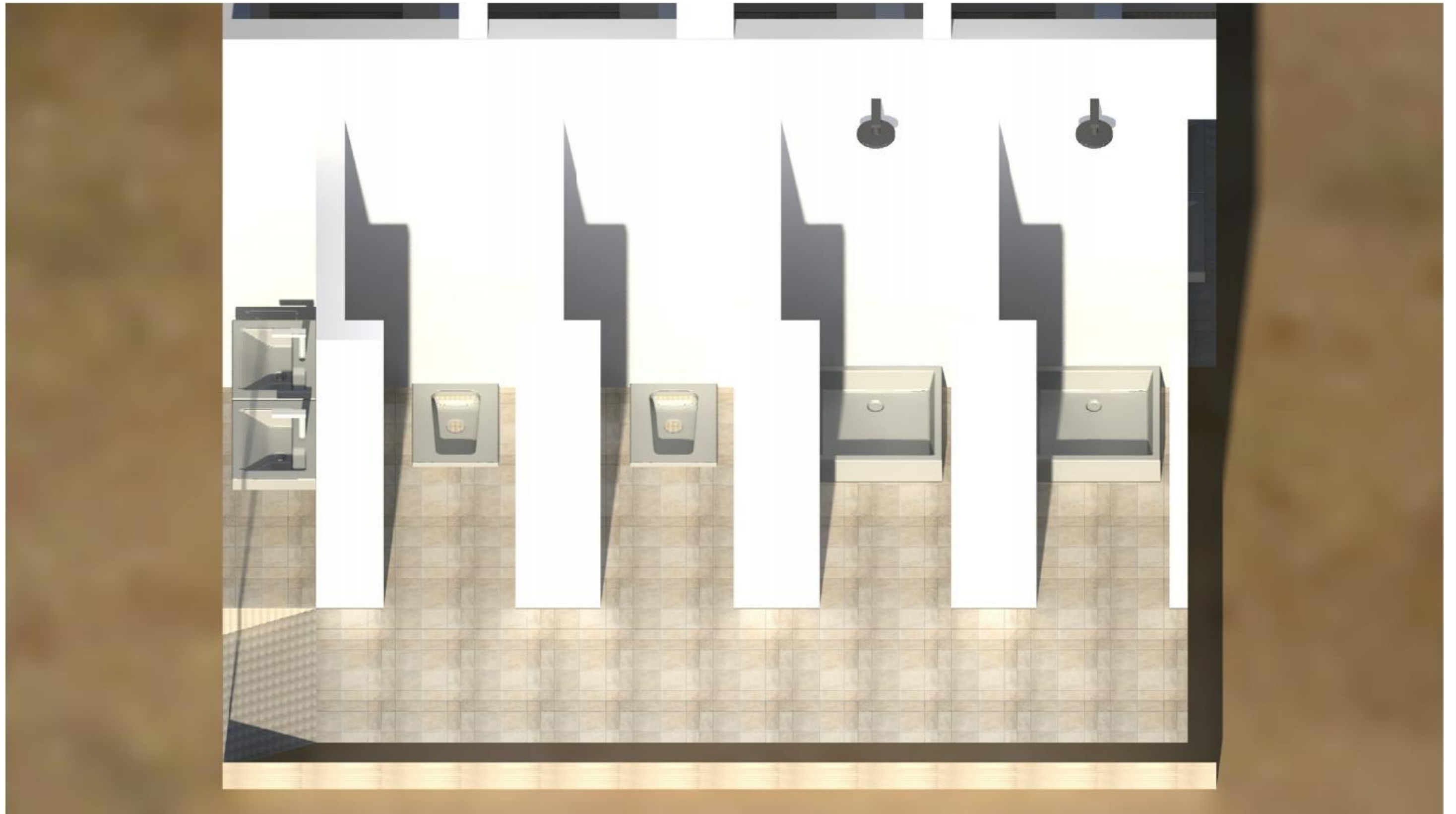
GERAL

Esc: 1|50

MAIO | 2018

05





INSTALAÇÃO SANITÁRIA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
MODELO 3D

MAPINA SP/003

2018 | P01

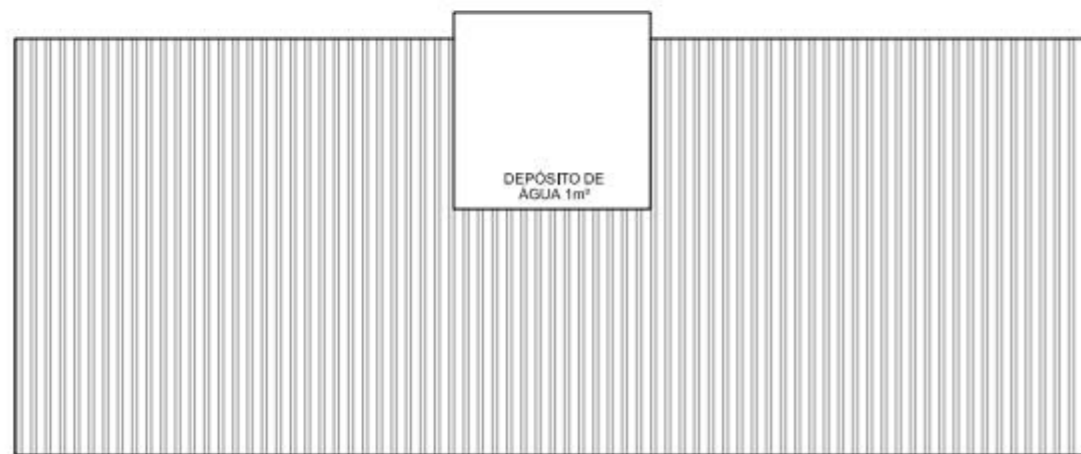
GERAL

Esc 1|50

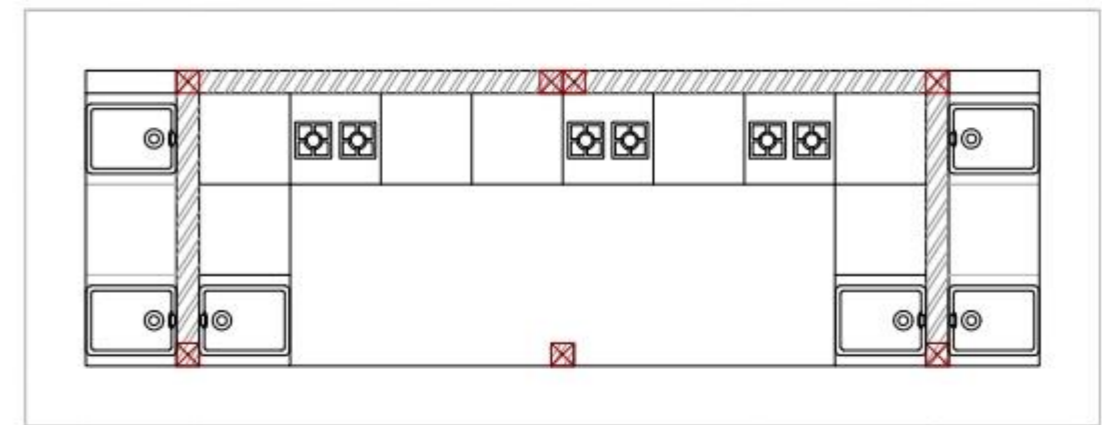
MAIO | 2018

06

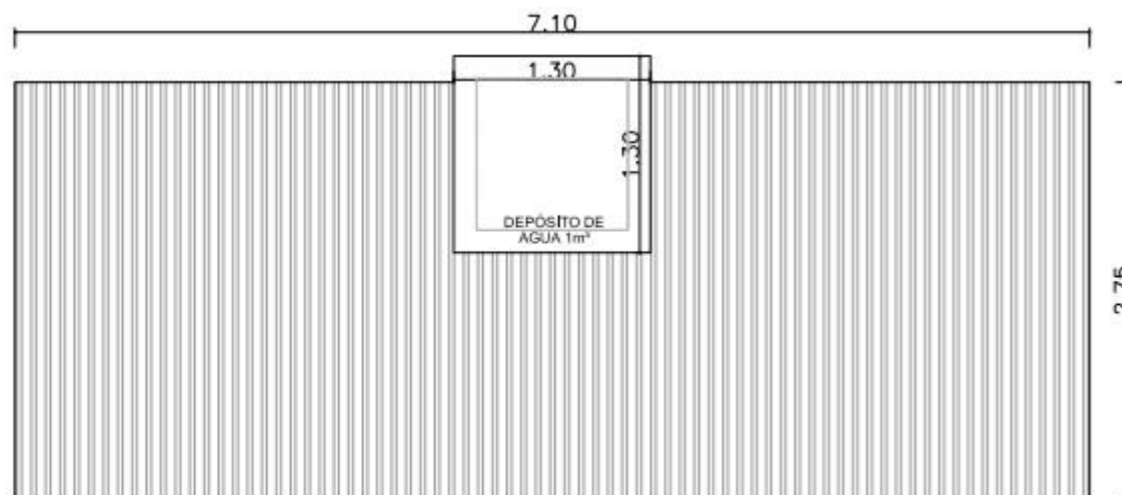




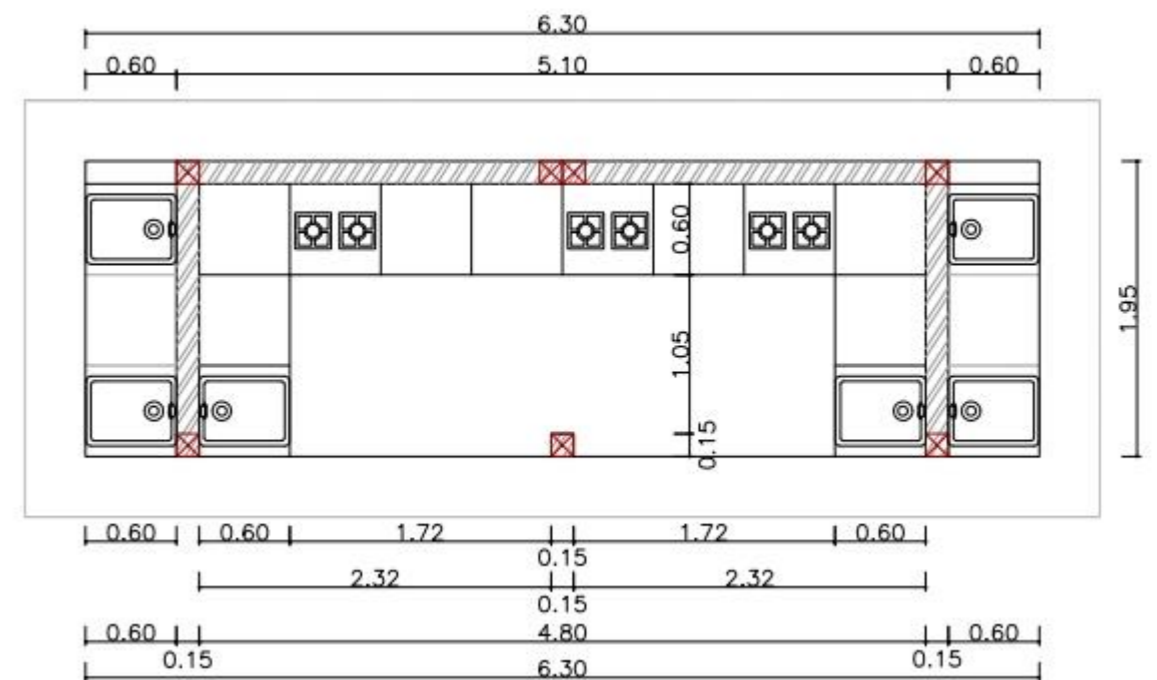
PLANTA DE COBERTURA



PLANTA DE PISO



PLANTA DE COBERTURA



PLANTA DE PISO

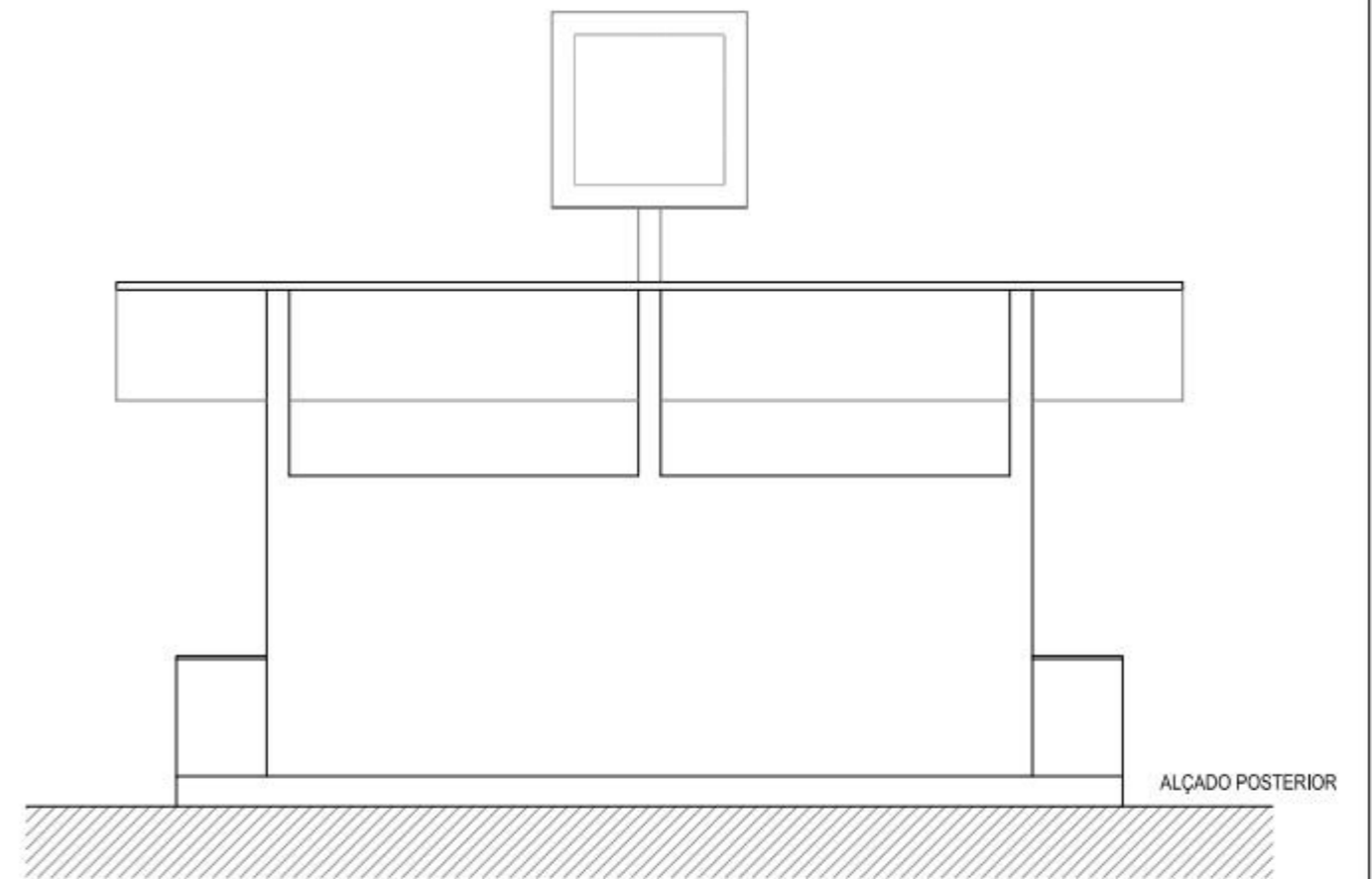
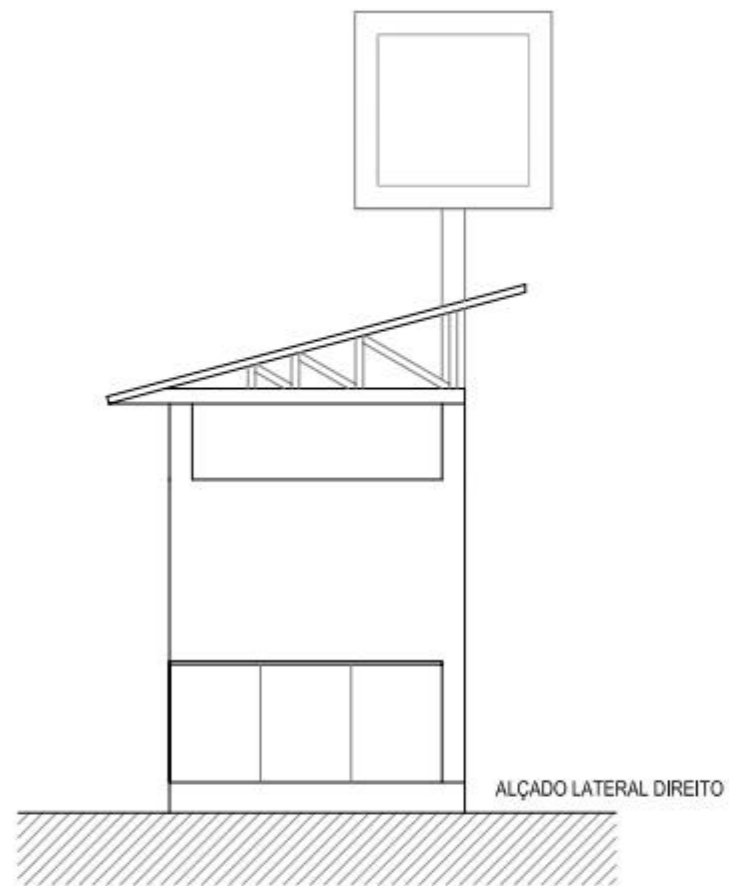
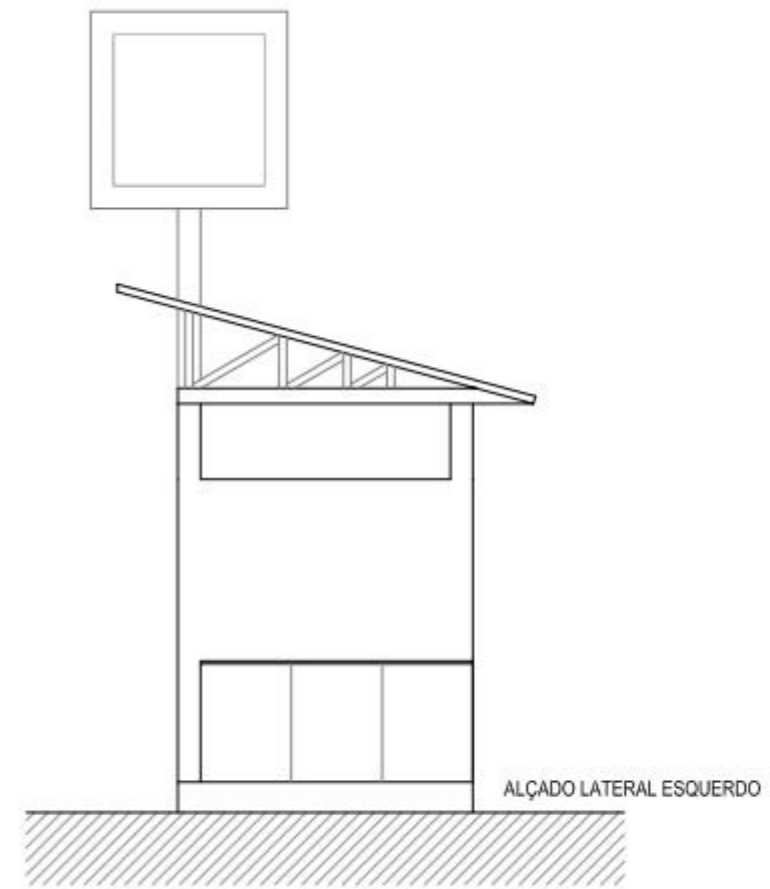
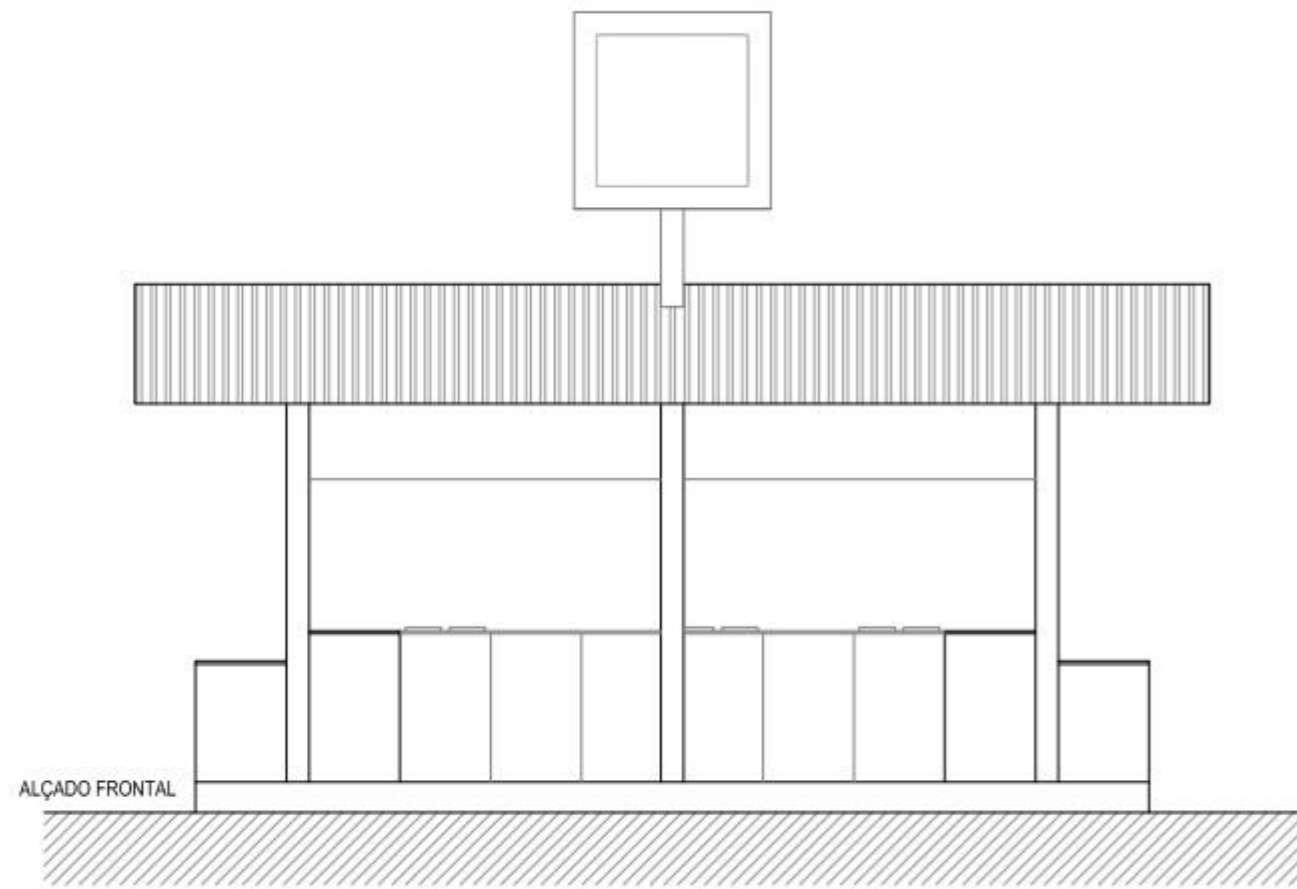
COZINHA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
 PLANTAS DE COBERTURA E DE PISO - APRESENTAÇÃO E COTADA

MAPAS 0005
 2018 | P01 GERAL
 Esc 1/50 MAIO | 2018

01





COZINHA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
ALÇADOS

MARINHA SIBIOS

2018 | P01

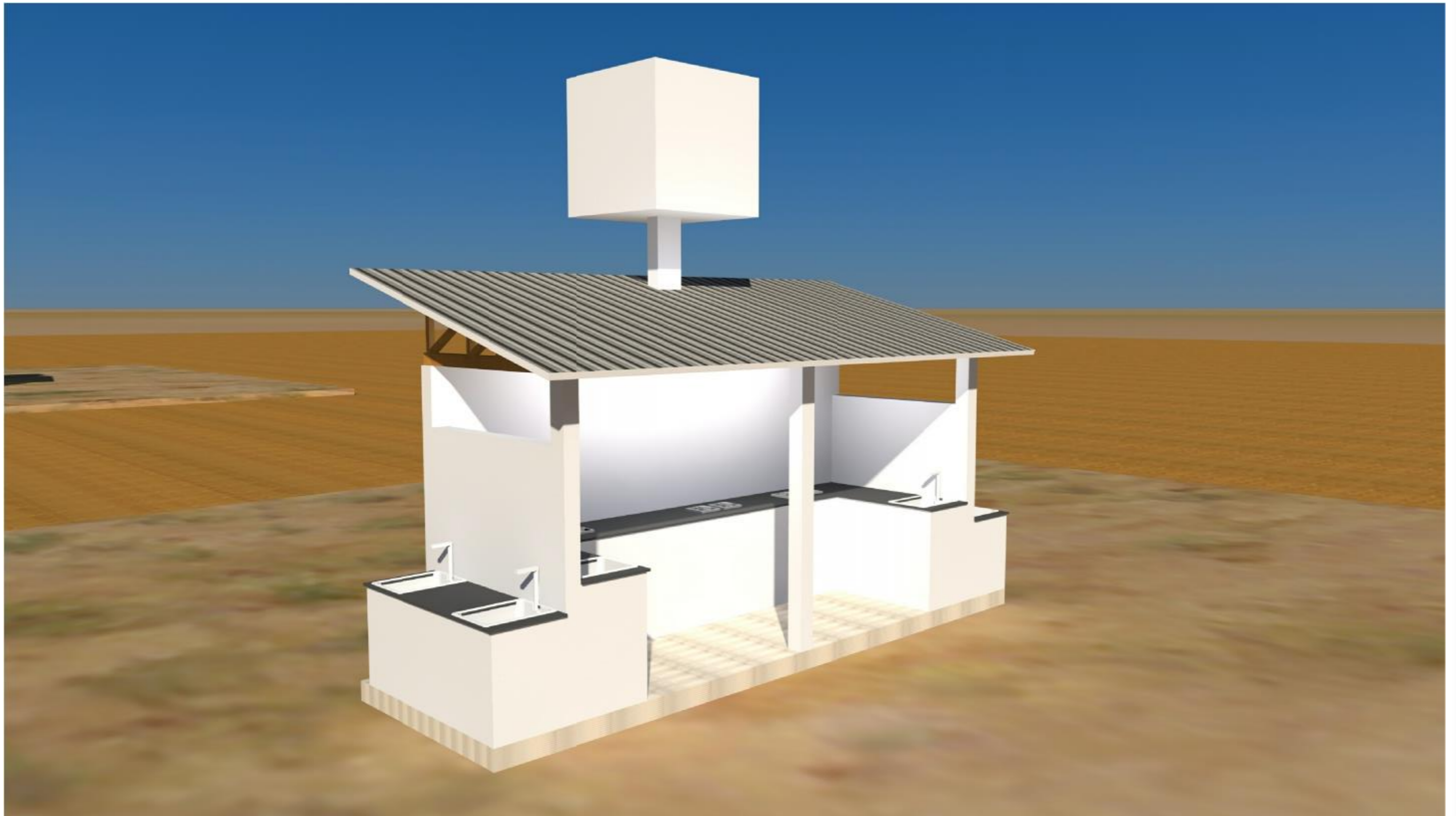
GERAL

Esc 1|50

MAIO | 2018

02





COZINHA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
MODELO 3D

MAPINA SP003

2018 | P01

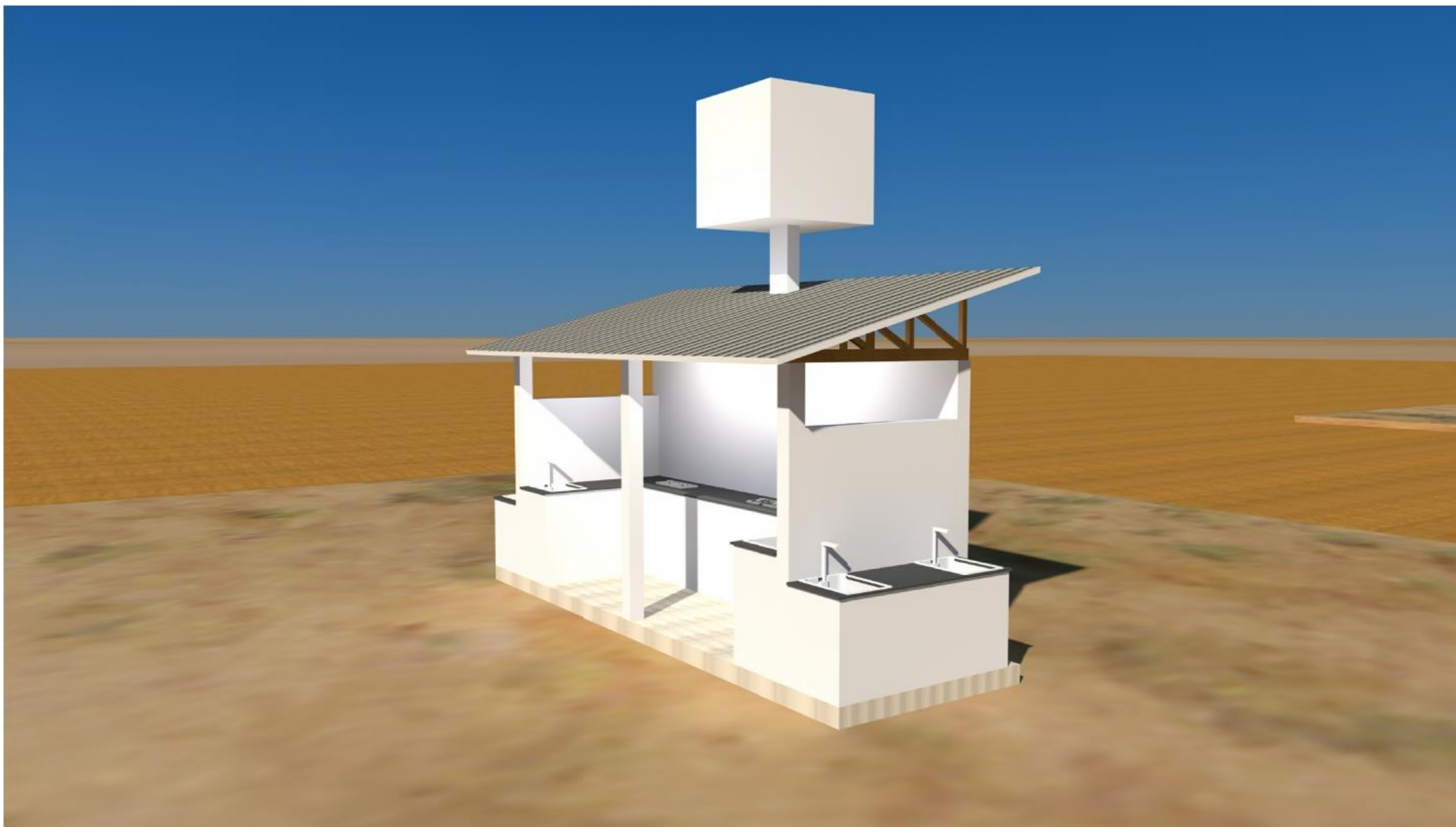
GERAL

Esc: 1|50

MAIO | 2018

03





COZINHA - COMUNITÁRIA

PROPOSTA
MODELO 3D

MARINHA SP/03

2018 | P01

GERAL

Esc: 1|50

MAIO | 2018

04



Anexo VI – Custos de investimento

Tabela A.VI.1 – Custo de investimento na construção do reactor

Material	Quantidade necessária por m ³ de biogás gerado (kg/m ³ biogás gerado)	Tempo de vida (anos)	Quantidade necessária (kg)	Custo (€/kg)	Custo (€)
Tijolos	1,16	20	46,40	0,5	23,20
Cimento	0,35	20	14,00	0,6	8,40
Areia	1,24	20	49,60	0,5	24,80
Gravilha	0,86	20	34,40	0,1	3,44
Metais (barras de ferro, parafusos e pregos)	0,1	20	4,00	20	80,00
Plásticos e acessórios para as condutas do biogás	0,00104	5	0,04	4,99	0,21
Custo total (€)					140,05
Custo total (€/hab)					0,93

Tabela A.VI.2 – Custo de investimento na implementação do sistema de filtração de água

Equipamentos	Caudal (m ³ /dia)	Custo unitário (€)
Membranas de osmose inversa domésticas 75 GPD	0,28	5
Bomba manual	-	10
Membranas de osmose inversa industriais 4040 GPD	15	100
Bomba centrífuga 3,1 GPM 4464 GPD	17	200
Filtro para detritos maiores	-	5
		Custo total
Total		(€)
Opção filtro doméstico (€/domicílio)		20
Opção filtro comunitário		305
Opção filtro comunitário (€/hab)		2,03

Tabela A.VI.3 – Custo de investimento na construção das instalações (sanitários e cozinha comunitária)

Material	Quantidade necessária	unidade	custo unitário	unidade	Custo total	unidade
Cobertura (chapa zincada)	34	m ²	8	€/m ²	272,00	€
Tijolos	34	m ²	8	€/m	272,00	€
Cimento	0,2	kg	0,8	€/kg	5,44	€
Areia	0,6	kg	0,5	€/kg	10,20	€
Gravilha	0,4	kg	0,1	€/kg	1,36	€
Pavimento	34	m ²	3	€/m ²	102,00	€
Loiças, bicos de gás e outros acessórios	-	-	-	-	150,00	€
Custo total (€)					813,00	€
Custo total (€/hab)					5,42	€