



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

GERALDO DE MAGELA BARROS FILHO

**ALVITRE DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUAIS INTEGRADO AO REUSO HIDROPÔNICO EM
PEQUENAS COMUNIDADES DO SEMIÁRIDO**

**CAMPINA GRANDE – PB
2014**

GERALDO DE MAGELA BARROS FILHO

**ALVITRE DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUAIS INTEGRADO AO REUSO HIDROPÔNICO EM
PEQUENAS COMUNIDADES DO SEMIÁRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Howard William Pearson

**CAMPINA GRANDE – PB
2014**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B277a Barros Filho, Geraldo de Magela.

Alvitre de um sistema de tratamento de águas residuais integrado ao reuso hidropônico em pequenas comunidades do semiárido [manuscrito] / Geraldo de Magela Barros Filho. - 2014. 66 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Howard William Pearson, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Águas residuárias. 2. Cultivo hidropônico. 3. Recurso hídrico. I. Título.

21. ed. CDD 333.912

GERALDO DE MAGELA BARROS FILHO

**ALVITRE DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
RESIDUAIS INTEGRADO AO REUSO HIDROPÔNICO EM
PEQUENAS COMUNIDADES DO SEMIÁRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado a Coordenação do Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Aprovado em: 28 / 07 / 2014

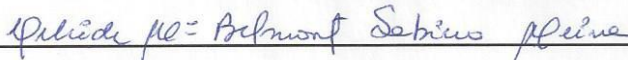
Examinadores:



**Prof. Dr. Howard William Pearson
(Orientador – DESA/CCT/UEPB)**



**Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira
(Examinador – DESA/CCT/UEPB)**



**Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
(Examinadora – DESA/CCT/UEPB)**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Santíssima Trindade e à Maria, nossa mãe eterna, a quem sempre nos apegamos nos momentos de fraqueza e dor.

Ao Dr. Howard Willian Pearson, pela orientação e paciência, sempre atendendo com um sorriso estampado em sua face e um ensinamento novo e inspirador.

À minha esposa, Isabelle Kelen Silva Monteiro, por sempre estar ao meu lado me dando forças e me incentivando a atingir meus objetivos pessoais e profissionais.

À minha filha Mellina, o futuro e a razão para eu sempre buscar alcançar os objetivos traçados.

Aos meus pais, Geraldo de Magela Barros e Marizélia Martins de Medeiros Barros, por me darem tudo na vida, além de serem meu exemplo de determinação e realização.

Por fim, agradeço a todos os professores e funcionários do Centro de Ciências e Tecnologia da UEPB, desde o chefe do departamento até o auxiliar de serviços gerais, além de alguns amigos que me marcaram ao longo do curso pelo apoio e companheirismo: Camila Oliveira; Erico Dyego e Isabel Araújo.

Muitíssimo obrigado a todos! Aos que fazem parte da minha vida e também aos que fizeram parte desta minha trajetória acadêmica.

“No começo pensei que estivesse lutando para salvar seringueiros, depois pensei que estava lutando para salvar a floresta amazônica. Agora, percebo que estou lutando pela humanidade”.

Chico Mendes

RESUMO

A segurança hídrica é um fator que sempre gera preocupação, principalmente nas populações do semiárido. Habitantes da zona rural e de pequenas comunidades tiram seu sustento da agricultura familiar e estudos apontam que 70% da água do planeta está voltada para a produção de alimentos. O índice pluviométrico do semiárido brasileiro é o maior entre todas as regiões semiáridas do planeta, mas a quantidade de água que cai é três vezes menor do que a que evapora. Cientes da realidade, nós destacamos neste estudo a técnica do reuso para o esgoto doméstico, ou águas residuárias, visando amenizar o problema da má gestão dos recursos hídricos. A pesquisa se pautou no reaproveitamento das águas residuárias advindas de um sistema de tratamento anaeróbio composto por um tanque séptico comunitário e um pós-tratamento aeróbio composto por filtros de areia intermitente. Os efluentes desse sistema serão reaproveitados no cultivo hidropônico de varias culturas que se adaptem bem a região do semiárido, através do sistema de cooperativismo. Devido ao clima da região nordestina, o tratamento anaeróbio-aeróbio ocorreu com uma eficiência satisfatória para a obtenção de dados de redução de fósforo, nitrificação e remoção de patógenos, atendendo assim a Resolução N° 430/2011 e a Portaria MS nº 518/2004. Esperamos que o trabalho seja norteador e incentivador para a prática do reuso para pequenas comunidades do semiárido do Nordeste brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido; águas residuárias; reuso; cultivo hidropônico; tratamento anaeróbio/aeróbio.

ABSTRACT

The water security is a factor that always generates worry, especially in semiarid populations. Inhabitants of rural areas and small communities make their living from family agriculture and studies indicate that 70% of the water on the planet is facing for food production. Rainfall in the Brazilian semiarid region is the highest among all the semiarid regions of world, but the amount of water that falls is three times lower than that evaporates. Aware of the reality, we highlighted in this study the technique of reuse of domestic wastewater or residuary water aiming minimize the problem of poor management of water resources. Our research was based on the reuse of the resulting wastewater anaerobic treatment system consists of a community septic tank and an aerobic post-treatment composed of intermittent sand filters. The effluent of this system will be reused for hydroponic cultivation of various cultures that adapt well to semiarid region. Because of the climate of the Northeastern region, the anaerobic-aerobic treatment occurred at a satisfactory speed for obtaining data reduction of phosphorus, nitrification and removal of pathogens, thus meeting the standards of Resolução N^o 430/2011 and Portaria MS n^o 518/2004. Expect that the work to be guiding and motivational the practice of reuse for small communities semiarid of northeastern Brazil.

KEYWORDS: Semiarid; residual water; reuse; hydroponic cultivation; anaerobic/aerobic treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Esquema Biológico da Digestão Anaeróbia.....	26
Figura 2	Variação do número de oxidação de nitrogênio nos processos de nitrificação e desnitrificação.....	27
Figura 3	Tanque séptico de câmara única (corte longitudinal).....	30
Figura 4	Tanque séptico de câmaras em série (corte longitudinal).....	30
Figura 5	Tanque séptico de câmaras sobrepostas (corte transversal).....	31
Figura 6	Esquema de funcionamento tanque séptico.....	32
Figura 7	Esquema do filtro de areia intermitente.....	35
Figura 8	Técnicas Hidropônicas.....	40
Figura 9	Sistema de Tratamento Integrado ao Reuso.....	43
Figura 10	Esquema para unidade de filtro de areia semienterrado.....	54
Figura 11	Modelo de estufa capela.....	55
Figura 12	Modelo de sucção e recalque do sistema motor-bomba.....	56
Figura 13	Sistema de reuso experimental.....	57
Figura 14	Concentração média de nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e nitrato no (EB), (ETS), (EF1) e (EF2).....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	População total residente segundo as Unidades do Semiárido da Federação e grandes regiões.....	14
Quadro 2	Classificação de disponibilidade da água.....	18
Quadro 3	Disponibilidade de água em países com situação crítica.....	18
Quadro 4	Vantagens e desvantagens do processo anaeróbio.....	24
Quadro 5	Estimativa da população atendida por tanques sépticos e fossas	28
Quadro 6	Parâmetros para a classificação do porte dos municípios do semiárido por nº de habitantes.....	44
Quadro 7	Contribuição diária de esgoto e lodo fresco por tipo de prédio e de ocupante.....	45
Quadro 8	Período de detenção (T) dos despejos, por faixa de contribuição diária	46
Quadro 9	Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por Intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	46
Quadro 10	Cargas aplicadas ao tanque séptico e aos filtros de areia intermitentes... ..	48
Quadro 11	Profundidade útil mínima e máxima por faixa de volume útil.....	51
Quadro 12	Valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção dos parâmetros	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo Geral.....	12
1.2	Objetivos Específicos.....	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	A Logística do Semiárido.....	13
2.1.1	Condições Climáticas, Bioma e Geologia.....	14
2.2	A importância do reuso de água no semiárido.....	17
2.3	Salubridade e Parâmetros Legais da Água.....	20
2.4	Digestão Anaeróbia.....	23
2.5	Nitrificação.....	26
2.6	Sistema de tratamento: Tanque Séptico – Filtro de areia Intermitente.....	27
2.6.1	Funcionamento Tanque Séptico.....	29
2.6.2	Filtros de Areia Intermitente.....	33
2.7	Sistema de Reuso: Hidroponia.....	36
3	METODOLOGIA	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Segurança hídrica, crescimento populacional, agricultura familiar, são temas que ao longo do tempo vem sido debatidos com muita veemência no cenário mundial tendo em vista que estudos já apontaram que apenas 0,003% do volume total da água do planeta seriam adequadas para utilização direta e que desse total 70% está voltada para produção alimentícia através da irrigação na agricultura de culturas indispensáveis ao consumo humano.

Voltando as atenções para o semiárido, mas especificamente o brasileiro, tem-se uma situação ainda menos confortável, mesmo sabendo que, segundo Malvezzi (2007) , o semiárido no Brasil possui maiores índices pluviométricos entre todos os semiáridos do mundo. Nosso grande problema gira em torno de praticas de armazenamento e reuso, pois existe o déficit hídrico e que a evapotranspiração chega a ser três vezes superior as precipitações. (Malvezzi, 2007)

Teorias Marxistas se contrapõe as Multhusianas, no tocante que o crescimento populacional seria fator determinante da degradação e escassez de recursos defendida pelo economista e clérigo inglês Thomas Malthus. No contraponto o economista-filósofo alemão Karl Marx defendia que o modelo de desenvolvimento guiava as ações antrópicas e eram determinantes na relação homem x meio ambiente, até mais que o mero aumento no numero de habitantes em nosso planeta. (Abreu et al, 2012).

Tomando como essência o pensamento de que o desenvolvimento sustentável tem que reavaliar os novos relacionamentos de economia e sociedade com a natureza, se faz necessário o surgimento de técnicas que reaproveitem melhor os resíduos gerados pelo consumismo, sem que gerem conflitos com o sistema capitalista de desenvolvimento que temos em mão, de forma a conciliar a eficiência econômica com a justiça social e prudência econômica.

A missão não é das mais fáceis, mas a Engenharia Sanitária e Ambiental vem enfrentando com bastante esforço tentando aliar as práticas desenvolvidas ao longo dos anos ao combate da segregação dos nossos recursos naturais. Como resultado a ser comemorado podemos mencionar a prática do reuso dos efluentes líquidos que vem se tornando uma alternativa bastante viável no quesito produção de alimentos, tendo a clara noção de não se reutilizar os efluentes *in natura*, tendo

como objetivo diminuir consideravelmente o estresse hídrico e efetivar o controle da poluição, principalmente com a aplicação resíduo diretamente no solo.

O reuso dos efluentes na irrigação de varias culturas é por si só uma prática extraordinária quando se trata da produção alimentícia, quando usada corretamente, reduzindo drasticamente o consumo mundial de água. Mas o pensamento agora está voltado não só ao reaproveitamento dos resíduos líquidos, mas também para uma menor utilização do solo em termos de espaço, tomando emprestada uma técnica que vem sendo utilizada há milhares de anos, desde o tempo dos jardins suspensos da Babilônia e dos jardins flutuantes dos Astecas e da China, como sendo os primeiros cultivos em água que se tem noticia.

Tem - se na Hidroponia um artifício, que não traz custos tão onerosos e que traz confiança em dias melhores ao tão sofrido semiárido brasileiro, fazendo com que os habitantes dessas regiões se adaptem melhor as condições climáticas e disponibilidade hídrica, com um real reaproveitamento dos resíduos líquidos que são comumente descartados no meio ambiente de forma inadequada.

O sistema de tratamento adotado na proposta de nossa pesquisa sobre o reuso será o de tanque séptico em caráter comunitário, que está comumente substituindo as fossas sépticas comuns no sistema de esgotamento individual de unidades habitacionais no semiárido, seguido de filtros intermitentes de areia e por fim ligado ao nosso sistema hidropônico, que será ajudado por bomba acaso da necessidade da localidade em contar com uma boa topografia ou não.

Os dados empíricos a serem analisados foram gentilmente cedidos pelo pesquisador do grupo de estudo e desenvolvimento de processos para soluções de problemas do meio ambiente, o Doutor Howard Willian Pearson, no intuito de analisar os parâmetros físico-químicos, de suma importância ao crescimento e desenvolvimento de inúmeras culturas assim como sua real importância, entre elas leguminosas e hortaliças, tão fundamentais na dieta nutricional das famílias do semiárido, assim como no crescimento econômico advindo da comercialização dos produtos por intermédio de cooperativas estabelecidas pelos próprios moradores das pequenas comunidades dessas regiões.

Cientes de travar uma luta com um inimigo historicamente poderoso, A Indústria da Seca, espera-se que o trabalho seja um norteador que chegue a pessoas tanto civis quanto do poder público, no intuito de mostrar que a solução dos problemas de escassez da água e dos recursos alimentícios, além de ser possível

sem elevados níveis em termos de custos financeiros, podem ser resolvidos com a vontade de por em prática as técnicas desenvolvidas pela nossa Engenharia Sanitária e Ambiental, visando assim conciliar o tão sonhado desenvolvimento sustentável ao crescimento econômico de áreas tão castigadas pela falta de chuva em maior abundância que é característica dos nossos cariris e sertões, trazendo assim um pouco mais de igualdade às comunidades rurais do semiárido no Nordeste brasileiro.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um sistema de produção de variados tipos de leguminosas e hortaliças em municípios e comunidades com populações em torno de 10.000 habitantes, através do cultivo hidropônico, substituindo a solução nutritiva por efluentes líquidos advindos de um sistema de tratamento composto por tanque séptico seguido por filtros de areia intermitentes, no semiárido brasileiro.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar um sistema de tratamento de resíduos líquidos para municípios e comunidades que giram em torno de 10.000 habitantes, propondo disseminar o conceito de cooperativismo na agricultura hidropônica.
- Sugerir melhores técnicas na montagem e desenvolvimento do sistema hidropônico em si, observando aspectos físicos, climatológicos e topográficos com o objetivo de sugerir melhorias tanto no sistema de tratamento, quanto no sistema hidropônico, em regiões que possuem menos umidade relativa do ar, como nas regiões do semiárido brasileiro.
- Analisar os nutrientes advindos do sistema de tratamento sugerido no intuito de corrigir a carência de qualquer um deles, para que não venha a prejudicar o cultivo hidropônico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A logística do semiárido

Desenvolver um trabalho no semiárido brasileiro sem o conhecimento necessário de aspectos básicos das regiões que o abrangem, torna esta missão um pouco mais árdua do que se apresenta. Diante disso, segue uma breve abordagem sobre a região, visando aproximar o desenvolvimento deste estudo à realidade, com um plano mais viável e que se adapte à vida das populações existentes em todas as localidades com as mesmas características distribuídas pelo Brasil.

Considera-se como região semiárida àquela que possibilita o desenvolvimento de uma cobertura vegetal mais ou menos contínua, como a caatinga, a savana ou a estepe, mas que não permite o cultivo das plantas anuais, como o milho, de maneira regular e com boa produtividade, em virtude da baixa pluviosidade e da má distribuição das chuvas. Outras características apresentadas são a necessidade de irrigação complementar para as culturas anuais, a ocorrência de secas periódicas, vegetação xerófila, solos pobres em matéria orgânica e geralmente ricos em cálcio e potássio e numerosas e extensas manchas salinizadas. As regiões semiáridas podem ser quentes ou frias conforme sejam tropicais ou temperadas. Na prática diz-se que uma região é semiárida quando chove abaixo de 800 mm/ano, ocorre seca, têm caatinga e solos pobres em matéria orgânica, com tendência a salinização e rios intermitentes. (MENDES,1997).

No Brasil o semiárido está compreendido em uma área de aproximadamente 1.000.000 Km², o correspondente a 75% da região nordestina, tomando um equivalente de 10% do território nacional e segundo uma Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro realizado pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA 2012), compreende 1.135 municípios (sendo 170 só no Estado da Paraíba), onde reside uma população de 22.598.318 habitantes, superior as das regiões Norte e Centro-Oeste, e representando aproximadamente 12% da população brasileira. O semiárido brasileiro abrange 08 estados do nordeste (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceara e Piauí) e uma pequena parte ao norte do estado de Minas Gerais.

O quadro 1 apresenta a população total residente em cada Unidade da Federação e em suas grandes regiões:

Quadro 1: População total residente segundo as Unidades do Semiárido da Federação e grandes regiões

Unidades da Federação e Grandes Regiões	Nº de habitantes		
	Espaço geográfico do Semiárido	Espaço geográfico fora do Semiárido	Espaço geográfico total
Alagoas	900.549	2.219.945	3.120.494
Bahia	6.740.697	7.276.209	14.016.906
Ceará	4.724.705	3.727.676	8.452.381
Minas Gerais	1.232.389	18.364.941	19.597.330
Paraíba	2.092.400	1.674.128	3.766.528
Pernambuco	3.655.822	5.140.626	8.796.448
Piauí	1.045.547	2.072.813	3.118.360
Rio Grande do Norte	1.764.735	1.403.292	3.168.027
Sergipe	441.474	1.626.543	2.068.017
Semiárido	22.598.318		22.598.318
Nordeste	21.365.929	31.716.021	53.081.950
Sudeste	1.232.389	79.132.021	80.364.410
Centro Oeste		14.058.094	14.058.094
Norte		15.864.454	15.864.454
Sul		27.386.891	27.386.891
Brasil	22.598.318	168.157.481	190.755.799

Fonte: Adaptado do IBGE, (2010)

2.1.1 Condições Climáticas, Bioma e Geologia.

Em termos climáticos, o semiárido brasileiro coloca-se em uma situação de sazonalidade difícil, assim como fala a definição de Mendes, pois a estação chuvosa se resume a um período de 3 a 5 meses no primeiro semestre do ano, com chuvas torrenciais e irregulares, o que caracteriza o inverno nessas regiões e um longo

período de estação de seca girando em torno de 7 a 9 meses podendo se estender por 18 remotos meses, caracterizando-se assim no verão nessas regiões.

O bioma predominante nas regiões semiáridas brasileiras é a caatinga, onde seu termo é de origem indígena (caa- mata; tinga – branca, clara, aberta), com o tipo de vegetação mais heterogêneo do nosso país, com árvores de tronco perfeitamente desenvolvido e arbustos. Segundo Hueck (1972) a caatinga do sertão do Nordeste é uma mata seca, aberta, decídua, verde nas estações das chuvas e formada por árvores baixas ou médias e arbustos espinhosos. Ou seja, na caatinga temos uma mistura visível de árvores, ervas e arbustos, de folhas pequenas e caducas, espinhentas e tortuosas, conhecida na comunidade biológica como vegetação xerófila tropical, com elevadas resistências à secas e onde encontramos estratos vegetais arbóreos, arbustivos e herbáceos que no período da seca a maioria das espécies dos dois primeiros estratos perde as folhas e as espécies anuais desaparecem.

As caatingas são pobres em gramíneas e ricas em leguminosas. Muitas espécies são forrageiras, outras, são frutíferas e alguns são de importância industrial, principalmente como fornecedora de matérias-primas tipo óleos, ceras, látex, taninos, resinas, cosméticos, fármacos, fibras, etc. (MENDES, 1992).

Praticando-se o reuso de água é possível ampliar ainda mais o cultivo de plantas de caráter medicinal, que consistem em uma alternativa econômica e de fácil acesso em comparação a medicamentos sintéticos, angariando fonte de renda às populações do semiárido. O uso de plantas medicinais se tornou de suma importância até pela OMS, que deu seu reconhecimento com relação ao tratamento e cura de certas enfermidades, com ação biológica eficaz, baixa toxicidade e efeitos colaterais. Na medicina veterinária o emprego de plantas medicinais vem ganhando espaço, tanto por ser usada por pessoas através de conhecimentos literários, quanto em clínicas veterinárias. Podemos citar alguns exemplos de culturas medicinais que são cultivadas com naturalidade em regiões semiáridas, como: mastruz; camomila; citronela; boldo; beterraba; algodão; cravo da Índia; entre outras.

De acordo com Soares (2007), em termos de geologia o semiárido é composto por variados tipos de rocha, onde metade de seus terrenos é de origem cristalina possuindo rochas firmes e que não são favorecem o acúmulo da água. Já a outra metade dos terrenos vem de contraponto sendo de origem sedimentar e de

boa capacidade de armazenamento de água. Nas planícies, as rochas existentes encontram-se encobertas por um solo profundo, com ocasionais afloramentos rochosos, especialmente nas mais altas áreas e são chamados latossolos, de composição argilosa (sendo que a camada superficial pode ser arenosa ou às vezes pedregosa) e mineral, com boa porosidade e rico em nutrientes. Afloramentos de rochas calcárias de coloração acinzentada ocorrem na parte oeste do semiárido.

Relacionada à geologia pode-se fazer uma breve correlação com a hidrologia encontrada nas regiões do semiárido e se apegando ao fato da dependência da hidrologia inserida no contexto geológico, separa-se a hidrologia em dois contextos: o embasamento cristalino e as bacias sedimentares.

As bacias são constituídas de compartimentos agrupados na essência do cristalino em suas fraturas e formando as famosas chapadas, possuem idades geológicas diversificadas, com rochas permeáveis e solos de boa profundidade. Já o embasamento cristalino é formado através de rochas ígneas e metamórficas, tornando a pouca permeabilidade propicia a construção de açudes.

A região semiárida brasileira é a que mais possui açudes em todo planeta, devendo esse feito ao Departamento Nacional de Obras Contra Seca (DNOCS), antiga Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), fundada em 1909 e sendo substituída pelo Inspetoria Federal de Obras Contra Seca (IFOCS), contando atualmente com 70 mil açudes. A criação de Inspetorias, chegando posteriormente ao Departamento, tem como objetivo impossível confrontar a seca, sabendo que ninguém pode acabar com fenômenos naturais tais como incidência de neve, chuvas e especialmente secas. Mas a causa era nobre, já que a população nordestina, sem rios permanentes, mas tendo bons índices pluviométricos em todo sertão e cariri, enfrentavam problemas de não ter água em estoque para os tempos sem chuva.

As águas advindas das fissuras nos cristalinos possuem salinidade elevada tendo a aridez do semiárido como fator determinante, apesar dessas águas serem protegidas da evaporação pela sua profundidade. Segundo Rebouças (1999), os açudes podem ser considerados como verdadeiros tanques de evaporação, secando açudes menores e piorando a qualidade da água dos açudes maiores, o que voltou a atenção de pesquisadores ao uso de barragens subterrâneas.

Em muitas regiões nordestinas os domínios geológicos são de rochas cristalinas o que torna o consumo de água nesses locais limitados pela presença elevada de sais e sem opção diversas comunidade rurais consomem dessa água por

única opção e que esta com salinidade acima da recomendada pela OMS, nos incentivando ainda mais na busca de alternativas que solucionem o problema em regiões tão precárias do nosso semiárido. O sódio é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte (feldspatos plagioclásios) são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura. Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão da água do mar. Segundo a OMS, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é 200mg/L. (MEIO AMBIENTE PRO BR, 2014).

2.2 A importância do reuso de efluentes no semiárido

O semiárido brasileiro é o mais chuvoso entre todas as regiões semiáridas do planeta, segundo Malvezzi (2007) a pluviosidade média é de 750 mm/ano e com relação à disponibilidade hídrica os estados da Paraíba e de Pernambuco apresentam a menor parcela entre os demais estados da federação com 1.394 e 1.270 m³/hab/ano respectivamente. Esses dados podem levar a acreditar que há em termos quantitativos, uma escassez de água nos estados em que o semiárido está mais presente.

Há déficit hídrico, mas essa expressão não significa falta de chuva ou de água. O grande problema é que a chuva que cai é menor do que a água que se evapora. No semiárido brasileiro, a evaporação é de 3.000 mm/ano, três vezes maior que a precipitação. (MALVEZZI, 2007).

O mito da escassez pode ser desfeito quando se toma como base a classificação usada pela ONU desde 1997, que mostra que a situação dos piores estados citados anteriormente não é tão alarmante quando se compara a disponibilidade de água por habitante em países mais pobres em água, tendo assim uma visão ainda mais clara da real situação. No Quadro 2, estão listados os parâmetros de classificação de estresse da água, segundo Malvezzi:

Quadro 2: Classificação de disponibilidade da água

Estresse de água	Inferior a mil m³/hab./ano
Regular	Mil a 2 mil m ³ /hab./ano
Suficiente	2 mil a 10 mil m ³ /hab./ano
Rico	10 mil a 100 mil m ³ /hab./ano
Muito Rico	Mais de 100 mil m ³ /hab./ano

Fonte: Adaptado de Malvezzi, (2007)

Tomando como base as informações acima, surgem questionamentos pontuais como, por exemplo, por que povos em desertos, ilhas e até no gelo podem viver bem enquanto que populações na região do semiárido vivem mal. Tomando como base o Quadro 3, poderemos fazer um breve comparativo com a disponibilidade de outros países em situação mais delicada que a do semiárido brasileiro:

Quadro 3: Disponibilidade de água em países com situação crítica

País	Disponibilidade m³/hab./ano
Kuwait	Praticamente nula
Qatar	54
Gaza	59
Bahamas	75
Arábia Saudita	105
Líbia	11
Jordânia	185
Cingapura	211
União dos Emirados Árabes	279

Fonte: Malvezzi, 2007

Uma justificativa plausível ao contexto apresentado é o desenvolvimento de culturas de convivência adequadas ao ambiente, tornando possível a adaptação e a viabilidade da vida, como o adequado armazenamento da água quando ela raramente chega a essas regiões. Contrapondo a solução encontrada por outros povos, os habitantes do semiárido brasileiro ainda não encontraram uma saída

adequada na integração pessoa e natureza, engatinhando em busca de soluções e ajudas políticas advindas da tão famigerada indústria da seca e do hidronegócio.

Encontrar soluções além do mero armazenamento do recurso hídrico é um dever da Engenharia Ambiental no tocante de amenizar os efeitos da seca, sendo o reuso uma prática que vem sendo bastante debatida ao longo dos anos.

Segundo Teuchler e Lopes (2002) as dificuldades em implementar as melhores opções de convivência com a seca e a ausência de políticas públicas permanentes, com enfoque social e de ações duradouras também são fatores que contribuem para o agravamento na realidade do semiárido. Os resíduos líquidos domésticos são uma ótima alternativa na produção alimentícia, tendo em vista que é de conhecimento dos estudiosos que 70% da água potável disponível no planeta é utilizada para tal finalidade, chegando a 80% do uso consultivo em alguns países e não é por menos se leva em consideração a necessidade da utilização e da importância do cultivo de tantas espécies de grãos, hortaliças, frutos e leguminosas.

A aplicação de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios dessa prática são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e da saúde pública. (BRAGA et al., 2005).

Além da preocupação com a disponibilidade hídrica, outra preocupação bastante pertinente diz respeito à disponibilidade litosférica ou a capacidade de suporte das terras agricultáveis à disposição e aliando esse problema ou de disponibilidade hídrica, buscou-se apresentar o desenvolvimento de sistemas hidropônicos, aliando ao conceito de reuso de águas residuais tratadas por um sistema de tanque séptico seguido por filtros intermitentes de areia.

Com poucas exceções, tais como áreas significativas do Nordeste brasileiro que vêm sendo recuperadas para uso agrícola, a terra arável, em nível mundial, aproxima-se muito rapidamente de seus limites de expansão. A Índia já explorou praticamente 100% de seus recursos de solo arável, enquanto Bangladesh dispõe de apenas 3% para extensão lateral. O Paquistão, as Filipinas e a Tailândia ainda tem um potencial de expansão de aproximadamente 20%. A taxa global de expansão de terra arável diminuiu de 0,4 % durante a década de 1970-79 para 0,2% durante o período de 1980-1987. Nos países em vias de desenvolvimento e em estágio de industrialização acelerada, a taxa de crescimento também caiu de 0,7% para 0,4%. (BRAGA et al., 2005).

2.3 Salubridade e Parâmetros Legais da Água

O reúso dos resíduos líquidos seguem rigorosas restrições que não podem ser esquecidas, tanto pelos profissionais como por pessoas comuns que tentam tirar proveito das técnicas, pelo motivo dessas águas possuírem altos índices de substâncias químicas e microorganismos que podem ser repassados ao homem causando deletérios prejuízos a saúde. A preocupação com os riscos associados a reúso acendeu um sinal de alerta na Organização Mundial da Saúde (OMS), que realizou pesquisas e estudos que rederam resultados que impressionam até hoje.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 3 milhões de mortes por ano são causadas por doenças diarreicas, portanto para que a prática do reúso seja implantada torna-se essencial que normas, padrões e bases legais sejam estabelecidos para garantir os mínimos padrões de segurança à saúde e ao meio ambiente, impedindo o oferecimento de água contaminada por poluentes de qualquer natureza. (CUNHA, 2008).

Segundo Paschoalato (2004), historicamente a OMS reconheceu em 1971 os riscos a saúde derivados da reutilização de águas residuais e de acordo com Almeida (2011), posteriormente no ano de 1973 publicou o texto *Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards* que orientam métodos de tratamento de efluentes, visando à preservação da saúde pública. Mais tarde, em 1989, essas orientações foram atualizadas após estudos epidemiológicos, intitulados “Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture” e novos critérios foram propostos para o uso da água de reúso na agricultura e aquicultura. Em 1992, a Environmental Protection Agency (EPA) juntamente com a Agency for International Development publicou o *Guidelines for Water Reuse*, uma norma que tem por objetivo regular e orientar o reúso em locais onde não há regulamentação para tal prática. O texto aborda processos de tratamento e critérios de qualidade para águas residuárias visando o reúso urbano, industrial e agrícola (MALINOWSKI, 2006).

Segundo Hespanhol & Prost (1994), a primeira legislação a contemplar o reúso de água foi o relatório da “*Royal Comission on Sewage Disposal in England*”, em 1865, que aprovou oficialmente tal prática. Em 1918 o Departamento de Saúde do Estado da Califórnia estabeleceu critérios de qualidade para irrigação. A partir de então, diversas regiões foram feitas, transformando essa legislação uma das mais

complexas e rigorosas em uso, atualmente. Equivocadamente, vários países tem adotado este mesmo critério com raras adaptações para as suas condições locais.

A França foi o primeiro país da Comunidade Europeia a recomendar a aplicação dos padrões microbiológicos da OMS para o uso de águas residuárias, criando para tanto uma norma nacional publicada em 1991, o que a tornou pioneira no tocante à criação de uma legislação específica para reuso de águas residuárias. No Brasil, o tratamento jurídico dado às águas até a promulgação da Carta Magna de 1988, considerava a água como um bem inesgotável, passível de utilização farta e abundante. Com a Constituição Federal de 1988, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos – Lei n.º 9.433/97, veio a consciência de que os recursos hídricos têm fim e encontram-se em escassez. (PASCHOALATO, 2004)

Para que o reuso tenha uma prática segura, é indispensável que os órgãos públicos determinem especificações legais para a qualidade da água, sejam eles a cunho local, regional, nacional ou internacional, conforme recomenda Escalera (1995). O autor ainda lembra que os padrões especificados podem variar de acordo com as diferenças de cada localidade, mesmo dentro de um mesmo país. Por exemplo, de acordo com Santos (1993), em todo o mundo, o reúso de água tem sido praticado com base nas determinações da OMS e da EPA. Porém, mesmo entre aquelas organizações há diferenças quanto às orientações a serem seguidas. No caso de países onde as infecções parasitárias são comuns, as orientações recomendadas pela OMS para o reúso de água são menos restritivas, quando comparadas com os da EPA, sendo dirigidas, principalmente, para a remoção de helmintos.

No âmbito da legalidade a prática do reuso é amparada pela Lei de N° 9.433 de 08 de Janeiro de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos criando o Sistema Nacional de Recursos Hídricos com objetivos claros de assegurar disponibilidades de água em padrões de qualidade, utilização racional, defesa e prevenção contra eventos hidrológicos inadequados que geram consequências negativas aos recursos, tanto na atual quanto nas futuras gerações.

Observando um pouco mais a frente do cenário jurídico, depara-se com a resolução N° 54 de 28 de Novembro de 2005 e que estabelece os critérios gerais para o reuso de água potável, onde o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), amparado pelas leis N° 9.433 e 9.984 de 17 de Junho de 2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de

implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulamentem e estimulem a prática de reuso direto não potável de água em todo o território nacional.

O artigo 3º da resolução Nº 54 nos chama atenção para as modalidades do reuso e no Inciso V retrata o reuso na aquicultura citando a utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos, reforçando nossa pesquisa.

Sabedores da modalidade do reuso, podemos recorrer a Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 e que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, classificando de acordo com o enquadramento e com o Inciso III do artigo 4º do Capítulo II (DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA), Seção I (Das Águas Doces) da resolução, em águas de classe 2, destinadas pela letra e) à aquicultura e à atividade de pesca. Já bem as condições e padrões de lançamento de efluentes são determinadas pela Resolução Nº 430, de 13 de Maio de 2011.

O artigo 6º da Resolução 54 também impulsiona nosso trabalho por definir que Os Planos de Recursos Hídricos, observado o exposto no art. 7º, inciso IV, da Lei no 9.433, de 1997, deverão contemplar, entre os estudos e alternativas, a utilização de águas de reuso e seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica.

Experiências desenvolvidas em todo o mundo, inclusive as realizadas há alguns anos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (Prosab), indicam que o uso de esgoto doméstico tratado contribui para a redução da utilização de fertilizantes artificiais na irrigação e hidroponia, e na economia de ração na piscicultura. Os nutrientes presentes nos efluentes de estações de tratamento de esgoto são aproveitados pelas plantas e animais, alcançando-se, muitas vezes, bons desenvolvimentos das culturas e dos peixes, mesmo sem o fornecimento de fertilizantes artificiais ou rações comerciais. (MOTA, 2009)

O estudo, a avaliação e o controle da qualidade das águas de abastecimento no país estão associados fundamentalmente a dois dispositivos legais: Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, e Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Na Portaria MS no 518/2004, o padrão de potabilidade foi dividido da seguinte maneira: padrão microbiológico (incluindo padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção); padrão para substâncias químicas que representam risco a saúde (substâncias inorgânicas

e orgânicas, agrotóxicos, ciano toxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade; e, padrão de aceitação para consumo humano.

Voltando a realidade do semiárido brasileiro, o tratamento biológico mais encontrado em pequenas comunidades rurais e em pequenos municípios é o tratamento anaeróbio, seja ele através de fossas sépticas nas comunidades ou mais popularmente conhecido nas pequenas cidades como “fossão”, seguido de um tratamento posterior para a eliminação do restante da matéria orgânica carbonácea.

Há seguir analisou-se um pouco a respeito da digestão anaeróbia, tentando entender um pouco dos seus fundamentos básicos no intuito de constituir um sistema que possibilite trabalhar bem o tratamento dos resíduos líquidos em regiões do semiárido nordestino.

2.4 Digestão Anaeróbia

No tratamento de resíduos líquidos, a oxidação do material orgânico carbonáceo via digestão anaeróbia ocorre através do processo de hidrólise de polímeros complexos, de fermentação de compostos solúveis e respiração bacteriana, gerando o gás combustível metano, que possui alto teor energético, gás carbônico, água, gás sulfídrico, amônia e novos microorganismos bacterianos.

De acordo com Chernicharro (2007) estima-se que a digestão anaeróbia, com formação de metano, seja responsável pela completa mineralização, de 5 a 10%, de toda matéria orgânica disponível na terra.

Uma desvantagem importante na digestão anaeróbia, em relação ao lançamento de seus efluentes em corpos aquáticos, vista no quadro 4 e que tomaremos a favor do nosso propósito de reuso, será remoção insatisfatória de nutrientes como o nitrogênio e fósforo, consequência de uma menor remoção de DQO em relação à digestão aeróbia.

Quadro 4: Vantagens e desvantagens do processo anaeróbio

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Baixa produção de sólidos (cerca de 2 a 8 vezes inferior a que ocorre nos processos aeróbios);	Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória;
Baixo consumo de energia, usualmente associado a uma elevatória de chegada. Isso faz com que os sistemas tenham custos operacionais muito baixos;	Produção de efluente com qualidade insuficiente para atender os padrões ambientais;
Baixa demanda de área;	Possibilidade de distúrbios devido a choques de carga orgânica e hidráulica, presença de compostos tóxicos ou ausência de nutrientes;
Baixos custos de implantação;	A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas;
Produção de metano;	A partida do processo pode ser lenta, na ausência de lodo de semente adaptado;
Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses;	Possibilidade de geração de maus odores e de problemas de corrosão, porém controláveis.
Tolerância a elevadas cargas orgânicas;	
Aplicabilidade em pequena e grande escala;	
Baixo consumo de nutrientes.	

Fonte: Adaptado de Chernicharo e Campos (1995); Von Sperling (1995) e Lettinga *et al.* (1996)

A digestão anaeróbia, quando não atrapalhada por fatores físico-químicos nos seus complexos processos metabólicos, apresenta-se como um sistema ecologicamente balanceado, seguindo as seguintes fases: hidrólise; acidogênese; acetogênese; metanogênese e sulfetogênese. Estas etapas dependem basicamente de três tipos de microorganismos (bactérias fermentativas acidogênicas, bactérias sintróticas acetogênicas e microorganismos metanogênicos).

Em outras palavras, para cada reação em cadeia de conversões do material orgânico primário a produto final (metano), é necessário que o processo catabólico gere energia aproveitável para a bactéria responsável pela reação em particular suficiente para que possa realizar seu anabolismo. (FORESTI *et al.*, 1999).

Na primeira etapa ocorre, dentro do sistema, a entrada de matéria orgânica particulada em forma de cadeias complexas, ou seja, polímeros, causando problemas aos microorganismos que não tem a capacidade de se apropriar destas cadeias para seu próprio desenvolvimento. A solução do problema é possível através da ajuda de exoenzimas eliminadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas, que através da hidrólise dos polímeros, transformam a matéria particulada em materiais dissolvidos de moléculas menores (monômeros), caracterizando a hidrólise, e que não apresentam dificuldades em penetrar na parede celular das bactérias fermentativas acidogênicas, configurando – se assim na segunda etapa (etapa acidogênica). “A maioria dos microorganismos acidogênicos fermenta açúcares, aminoácidos e ácidos graxos, resultantes da hidrólise da matéria orgânica complexa, e produzem diversos compostos mais simples”. (CHERNICHARRO, 2007).

Como consequência da etapa acidogênica surgem combinações orgânicas intermediárias a exemplo do propionato e butirato, oxidadas na terceira etapa por bactérias sinfróticas acetogênicas e originando substratos aproveitados por microorganismos metanogênicos em uma etapa subsequente, como o acetato, hidrogênio e o dióxido de carbono, concluindo a etapa que denominamos de acetogênese.

Na ultima etapa da digestão anaeróbia, entram em ação os microorganismos metanogênicos que são responsáveis pela conversão dos compostos orgânicos advindos da acetogênese em metano e dióxido de carbono. Um breve comentário em relação aos microorganismos metanogênicos é que pertencem ao grupo denominado Arquea e que possui particularidades estruturais na parede celular, membrana de lipídios e RNA polimerase em relação às bactérias típicas, tornando-as mais parecidas as células eucarióticas.

Ecologicamente, as arqueas metanogênicas desempenham um papel vital em ambientes anaeróbios, por remover o excesso de hidrogênio e os produtos da fermentação, que são produzidos nas fases anteriores. (CHERNICHARRO, 2007).

Com relação à produção de metano as arqueas metanogênicas realizam o processo através da transformação do ácido acético ou metanol e são denominadas metanogênicas acetoclásticas. Outro grupo de arqueas produz o metano a partir do

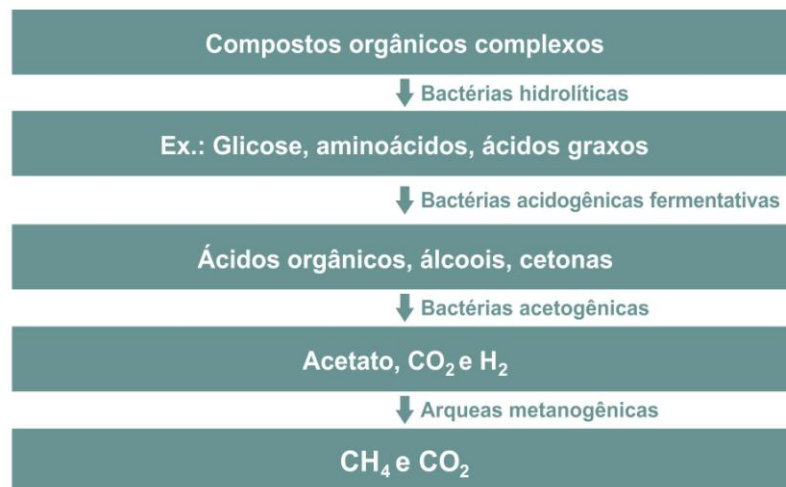
hidrogênio e dióxido de carbono, sendo denominadas metanogênicas hidrogenotróficas.

Dependendo da presença de sulfato na composição química do substrato das fases anteriores, outra fase ocorre após a metanogênese, a sulfetigênese, que é a produção de sulfetogênese, que é a produção de sulfetos por um grupo de bactérias anaeróbias estritas, as bactérias redutoras de sulfato ou bactéria sulforedutoras.

O metabolismo das bactérias sulforedutoras é de grande importância no processo de digestão anaeróbia, principalmente pelo seu produto final o sulfeto de hidrogênio e são consideradas um grupo muito versátil de microorganismos, capazes de utilizar uma gama de substratos. (CHERNICHARRO, 2007).

Um breve esquema apresentado na figura 1 resume um pouco do que foi transcorrido ao longo do tema, que exige um elevado grau de complexidade e conhecimento:

Figura 1: Esquema Biológico da Digestão Anaeróbia



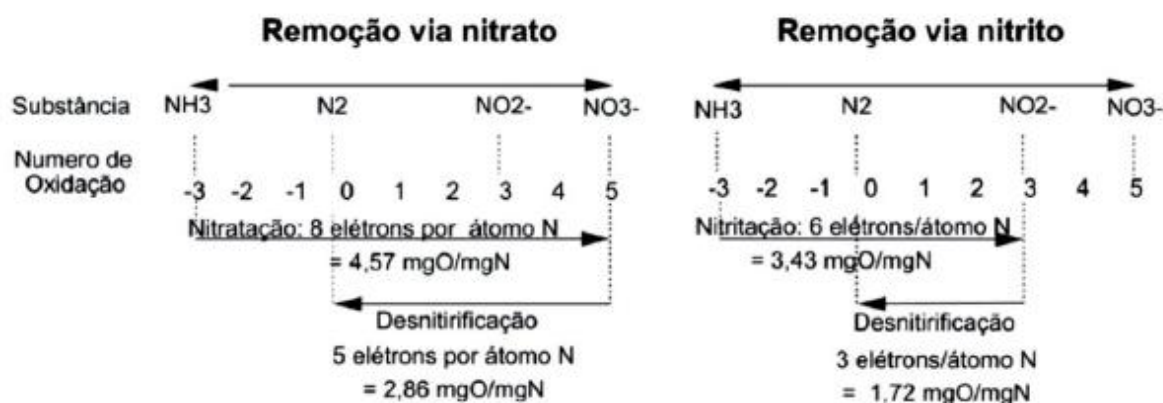
2.5 Nitrificação

O processo de nitrificação é fundamental no tratamento aeróbio, sabendo-se que o nitrogênio amoniacal se torna altamente prejudicial no que se diz respeito ao DBO de corpos aquáticos. Segundo Bueno (2011), a nitrificação é a oxidação biológica da amônia, tendo como produto final o nitrato. A reação requer a mediação de bactérias específicas e se realiza em dois passos sequenciais. No primeiro

passo, a amônia é oxidada para nitrito (nitritação) através da ação bioquímica das bactérias como as do gênero *Nitrossomonas*. No seguinte passo, a oxidação de nitrito para nitrato (nitratação) é medida por bactérias como as do gênero *Nitrobacter*. Ambos os gêneros *Nitrossomonas* e *Nitrobacter* somente desenvolvem atividade bioquímica na presença de oxigênio dissolvido (OD), isto é, são aeróbios obrigatórios. Bueno (2011)

Em temperaturas baixas (<20°C), a nitratação é muito mais rápida que a nitritação, de modo que se pode considerar que a nitratação é imediata e a acumulação de nitrito sempre será muito pequena em sistemas sob condições estacionárias. Em contraste, em temperaturas elevadas (>25°C) a nitritação é mais rápida que a nitratação, e por esta razão pode haver acumulação de nitrito quando se cria condições adequadas. (VAN HAANDEL E MARAIS 1999). A figura 2 retrata em termos de elétrons o quão o nitrogênio amoniacal vai sendo oxidado pelos processos descritos.

Figura 2: Variação do número de oxidação de nitrogênio nos processos de nitrificação e desnitrificação.



Fonte: VAN HAANDEL E MARAIS (1999)

2.6 Sistema de tratamento: Tanque Séptico – Filtro de areia Intermitente

O lançamento de despejos líquidos no meio ambiente trazem efeitos altamente deletérios, como já citado pela OMS devido à transmissão da inúmera quantidade de doenças e devido às mudanças drásticas no ecossistema. A implementação de sistema de esgotamento tem além da vantagem de combater as

adversidades, evitar a poluição do solo e de corpos hídricos de abastecimento de água, evitar o contato de vetores com as fezes proporcionando a promoção de novos hábitos higiênicos na população.

A solução recomendada é a construção de privadas com veiculação hídrica, ligadas a um sistema público de esgotos, com adequado destino final. Essa solução é, contudo, impraticável no meio rural e às vezes difícil, por razões principalmente econômicas, em muitas comunidades urbanas e suburbanas. Nesses casos são indicadas soluções individuais para cada domicílio. (FUNASA, 2006).

Frequentemente utilizado em pequenas comunidades do semiárido nordestino o sistema de tratamento de resíduos líquidos de despejos domésticos de cozinha, banheiros e ralos em geral adotados em nosso estudo, o tanque séptico, foi criado pelo Francês Jean Louis Mouras, no ano de 1860. Ele construiu um tanque de alvenaria por onde passava os esgotos e águas pluviais e ao abrir o tanque depois de 12 anos percebeu que a quantidade de sólidos não estava acumulada em função dos efluentes por ele recebidos.

Estima-se (de acordo com o quadro 5) que 37,68% da população urbana (68 milhões de habitantes) e 63,72% da população rural (12 milhões de habitantes), o que representa um total de cerca de 80 milhões de habitantes no Brasil, tenham seus esgotos tratados por fossas ou tanques sépticos. (IBGE, 2007).

Quadro 5: Estimativa da população atendida por tanques sépticos e fossas

Estimativa da população atendida por tanques sépticos e fossas em áreas urbana e rural							
Local	População (X 1.000)	Tanques sépticos	População atendida	Fossas rudimentares	População atendida	Tanque séptico + rudimentar	População atendida
Urbana	158.453	23,57%	37.347.372	14,11%	22.357.728	37,68%	59.705.090
Rural	31.368	8,40%	5.771.712	45,32%	14.215.978	63,72%	19.987.690
Brasil	189.820	22,72%	43.119.084	19,27%	36.573.696	41,99%	79.692.780

Fonte: Adaptado de IBGE (2007)

Em termos de definição a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) afirma que o tanque séptico seja câmaras fechadas, com o objetivo de confinar certa vazão de efluente calculada a partir do número de habitantes que a utilizará e por uma estabelecida quantidade de tempo necessária a reter o material graxo dos esgotos estabilizando-os em produtos finais mais simples. Já segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), tanque séptico é definido como

“unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”.

Supondo-se uma vazão do esgoto de 150l/dia o tanque séptico poderá ser empregado para tratamento a nível primário de até, um máximo de 500 habitantes. Economicamente o tanque séptico é recomendado para até 100 habitantes. Esse sistema requer que as residências disponham de suprimento de água. (FUNASA, 2007).

Para resíduos líquidos de cozinha é recomendada a instalação de uma caixa de gordura antes de chegar ao tanque séptico, prevenindo assim a colmatação dos filtros de areia intermitentes como forma de pós-tratamento desses resíduos.

2.6.1 Funcionamento tanque séptico

O funcionamento do processo de tratamento através do tanque séptico passa por quatro etapas fundamentais: retenção; decantação; digestão e redução de volume, todas de suma importância na estabilização da matéria orgânica.

Dependendo da contribuição afluente ao tanque séptico o tempo de retenção dos resíduos líquidos pode variar de 12 a 24 horas, que é necessária a sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão presentes e esse processo divide o esgoto contido no interior com a formação do lodo (parte decantada) e espuma (parte não decantada), formada por óleos, graxas e gorduras misturada a gases na superfície do tanque.

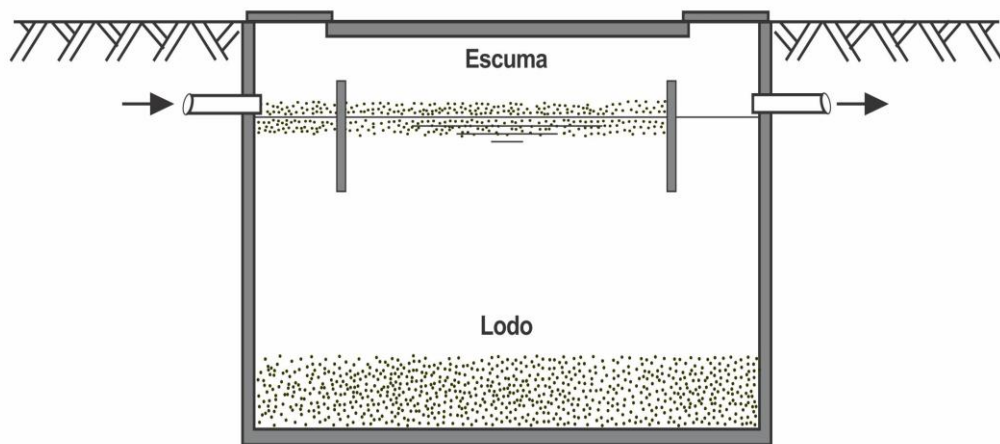
Na digestão o lodo e a espuma são processados pelo ataque de bactérias anaeróbias através de sua digestão detalhada anteriormente, eliminando em caráter totalitário ou parcial os organismos patogênicos.

O processamento químico do efluente proporciona a aumento de gases e líquidos reduzindo consideravelmente os sólidos que adentraram no tanque, tornando-os mais estáveis e simples e permitindo um efluente de melhor qualidade.

Uma parte dos sólidos é removida do esgoto e armazenada no tanque enquanto outra parte é digerida. Acima de 50% dos sólidos retidos no tanque se decompõe, enquanto o remanescente se acumula como lodo no fundo do tanque e deve ser periodicamente removido por bombeamento (USEPA, 2000).

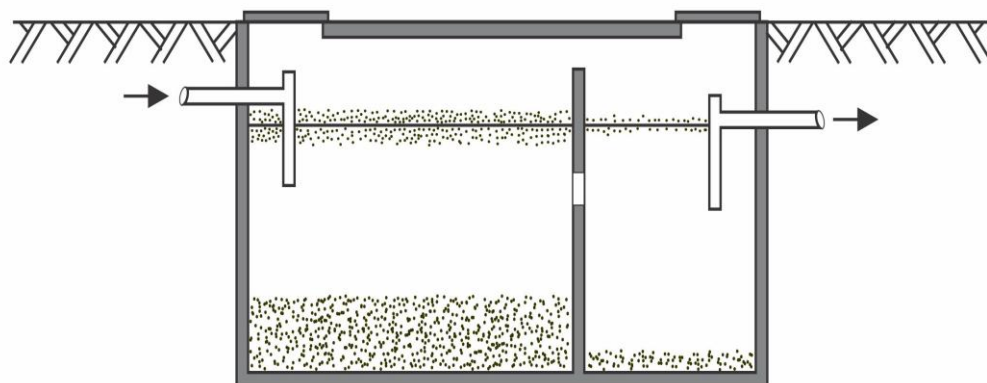
Podem-se dividir os tanques sépticos em tanques simples ou divididos em dois ou três compartimentos horizontais ou verticais, segundo as figuras 3, 4 e 5, podendo ser constituídos por uma câmara única (possuindo compartimento único onde ocorrem as quatro etapas), câmaras em série (unidade dividida em dois ou mais compartimentos por uma parede vazada que interliga as câmaras em série, onde uma maior quantidade de lodo acumulará na primeira câmara, que também terá a digestão favorecida) ou câmaras sobrepostas (fazendo a separação das fases, sólida, líquida e gasosa através de suas placas inclinadas).

Figura 3: Tanque séptico de câmara única (corte longitudinal)



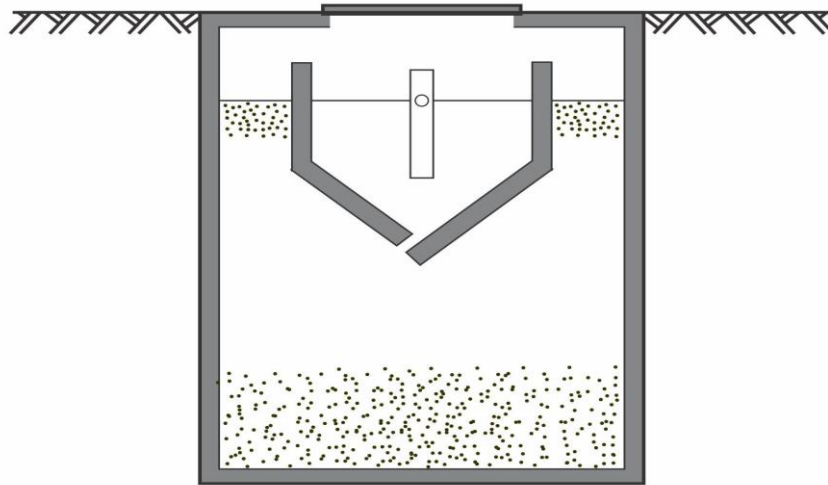
Fonte: Adaptado de Andrade Neto *et. al.* (1999)

Figura 4: Tanque séptico de câmaras em série (corte longitudinal)



Fonte: Adaptado de Andrade Neto *et. al.* (1999)

Figura 5: Tanque séptico de câmaras sobrepostas (corte transversal)



Fonte: Adaptado de Andrade Neto *et.al.* (1999)

A parte sólida decantada (lodo) no interior do tanque tem que ser retirada periodicamente em caráter de manutenção visando o aumento na eficiência, não sendo permitido seu lançamento em corpos de água ou galerias pluviais e dependendo do tamanho do tanque o lodo pode ser encaminhado a leitos de secagem em caso de tanques de maiores dimensões, como forma de tratamento.

Uma operação e manutenção bem sucedida tem que seguir alguns passos importantes como: na partida do sistema encher com água no intuito de verificar possíveis vazamentos; remoção rápida do lodo através de sucção por bombas através de mangote na tampa de inspeção do tanque; inspeção das valas de infiltração para caso houver redução na capacidade de absorção substituí-las; limpar em dias que não irão receber contribuições; abrir bem a tampa de inspeção para uma boa ventilação sem acender matérias que produzam fogo ou faíscas por causa dos gases inflamáveis no interior do tanque; deixar 10% do lodo para facilitar o reinício do processo de digestão no tanque.

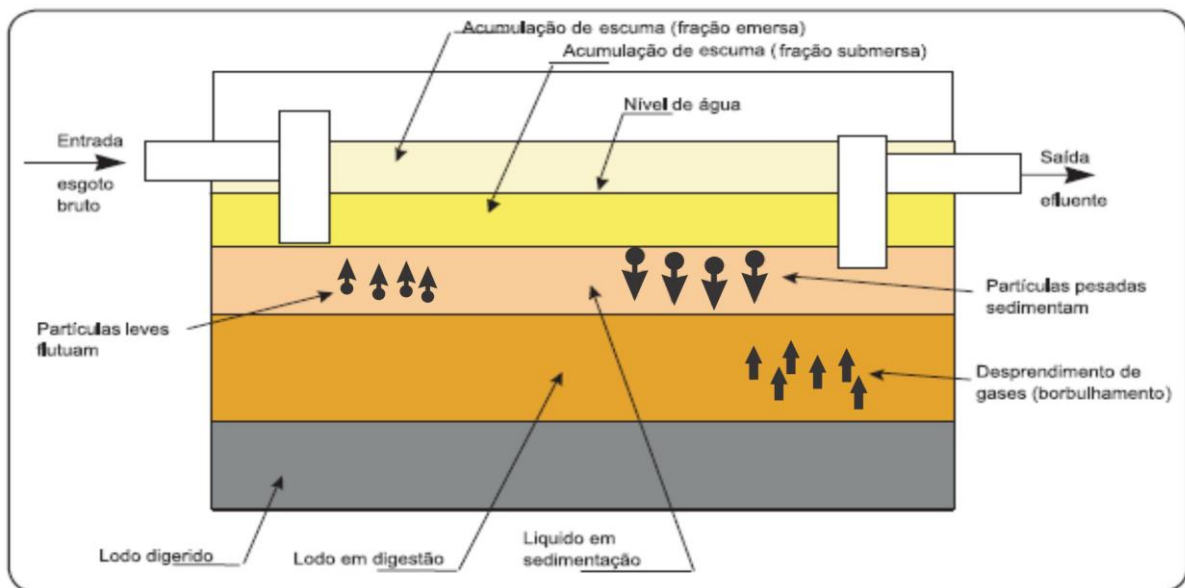
Parâmetros físico-químicos demonstram a eficiência dos tanques em termos de sólidos em suspensão onde já mencionamos os valores e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que segundo a FUNASA (2006), gira em torno de 35% a 60% de remoção dependendo da vazão afluente recebida pelo tanque.

A eficiência dos tanques sépticos depende de vários fatores: carga orgânica, carga hidráulica, geometria, compartimentos e arranjo das câmaras, dispositivos de entrada e saída, temperatura e condições de operação. Portanto, a eficiência varia bastante em função da competência de projeto. Normalmente situa-se entre 40 e 70% na remoção da demanda

bioquímica (DBO) ou química (DQO) de oxigênio e 50 a 80% na remoção dos sólidos suspensos. Logicamente, os reatores mais bem projetados e operados apresentam resultados melhores. (HARTMANN, et al, 2009).

Um breve esquema de funcionamento do que foi citado pelo processo apresenta-se na figura 6, podendo-se ter uma melhor visualização da explicação a cerca de cada uma das etapas e de como será a participação do tanque no sistema de tratamento.

Figura 6: Esquema de funcionamento tanque séptico



Fonte: ABNT(1993)

Ao usar o tanque séptico como tratamento em caráter preliminar para pequenas comunidades seguidamente necessita-se de um pós-tratamento quando o tema reuso está relacionado aos resíduos líquidos, no de nos enquadrarmos ao que se diz na resolução N° 54 na Resolução 357 do CONAMA.

Assim, existem diversas alternativas de sistemas de tratamento de esgoto para pequenos municípios que podem ser utilizadas de forma individual ou coletiva. De acordo com a NBR 13969/1997, que dispõe sobre projeto, construção e operação de unidades complementares de tratamento e de disposição final de efluentes líquidos, as alternativas disponíveis para tratamento complementar, ou seja, após o esgoto receber um pré-tratamento em tanque séptico, são: filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente; filtro aeróbio submerso; valas de filtração e filtros de areia; lodo ativado por batelada; e lagoa com plantas aquáticas. As alternativas para disposição final citadas pela norma são: vala de infiltração; canteiro de infiltração e de evapotranspiração; sumidouro. (HARTMANN, et al, 2009).

2.6.2 Filtros de areia intermitente

Escolhendo filtros de areia intermitente (FAINT) como possibilidade de pós-tratamento, descobre-se que historicamente, de acordo com os autores (JEWELL e SEABROOK, 1979, PETERS e ALLEMAN, 1982), a filtração intermitente surgiu em 1870, na Inglaterra, como a primeira tentativa exitosa de converter o tratamento de esgoto com uso do solo em um processo controlado. Desenvolvida por Sir Edward Frankland em 1870, a descoberta visava superar a dificuldade da integração, de forma permanente, entre a necessidade de purificação dos esgotos e o seu uso agrícola. Em seu trabalho experimental, Frankland usou cilindros de vidro preenchidos com materiais que variaram da brita grossa ao solo turfoso e adotou uma frequência de duas aplicações diárias, mantendo assim a operação com sucesso por mais de quatro meses. Embora o desempenho do filtro tenha sido creditado exclusivamente a processos físico-químicos, ficou estabelecido o conceito da filtração intermitente, qual seja de manter um período de descanso e aeração entre duas aplicações de esgoto.

Esta forma que comumente esta sendo usada no pós-tratamento de efluentes das pequenas comunidades por sua eficiência no processo de nitrificação necessário ao reuso, não elevam os custos no processo de tratamento por possuir um simples aspecto construtivo.

Os conceitos de Frankland teriam caído no esquecimento se, no final do século XIX, o Massachusetts State Board of Health (MSBH) não tivesse se interessado pelo assunto. Esse interesse foi materializado na criação de uma estação experimental, em Lawrence, cujo objetivo era realizar pesquisas sobre o uso de areia e brita no tratamento de esgotos, segundo o conceito proposto poucos anos antes por Frankland. Como resultado do trabalho, em 1876, foi construído em Lenox o primeiro Filtro Intermitente de Areia para atendimento comunitário. Entre 1891 e 1937, o MSBH monitorou o desempenho de mais de 26 sistemas de tratamento baseados em filtração em areia atendendo a comunidades (CRITES e TCHOBANOGLOUS, 1998).

À medida em que o filtro biológico percolador era aperfeiçoado, havia um declínio do interesse pela filtração intermitente. Isso ocorreu até os anos 1950, quando estudos em escala piloto realizados na Universidade da Flórida utilizaram filtros intermitentes com menor profundidade e areia com granulometria mais grossa

do que a que foi usada em Massachusetts. A areia utilizada tinha tamanho efetivo de 0,26 a 0,46 mm e profundidade de leito de 46 a 76 cm (VENHUIZEN, 2005). O interesse na retomada do desenvolvimento desse sistema aconteceu em virtude da necessidade de instalações de baixo custo, robustez e eficiência para tratamento dos esgotos de pequenas comunidades (ANDERSON et al, 1985).

O filtro de areia é um método de tratamento bastante antigo, inicialmente adotado na remoção de turbidez da água potável. A partir do século XIX, na Europa e nos Estados Unidos, passou a ser aproveitado na depuração de esgotos. (MICHELS, 1996).

O sistema de funcionamento dos FAINT é simples de entender, iniciando-se com a aplicação do efluente advindo do reator anaeróbio, adotado no tratamento preliminar, sobre o leito de areia e de maneira intermitente ocorrendo outra etapa de tratamento através de processo físico-químico e biológico. Fisicamente o processo se dá por intermédio do peneiramento e o processo químico se dá por intermédio de adsorção dos compostos através do leito poroso. Por fim o processo biológico que completa o pós – tratamento é fornecido através de microorganismos nitrificante que oxidam matéria orgânica em contato com o efluente.

A associação do filtro anaeróbio com filtros de areia seria uma alternativa que preservaria a simplicidade e o baixo custo total. Outro item importante seria a possibilidade de dispor o efluente gerado diretamente sobre os cursos d'água ou reutilizá-lo na irrigação ou no consumo não-humano, seguindo a orientação da Organização Mundial de Saúde. (TONETTI, 2004)

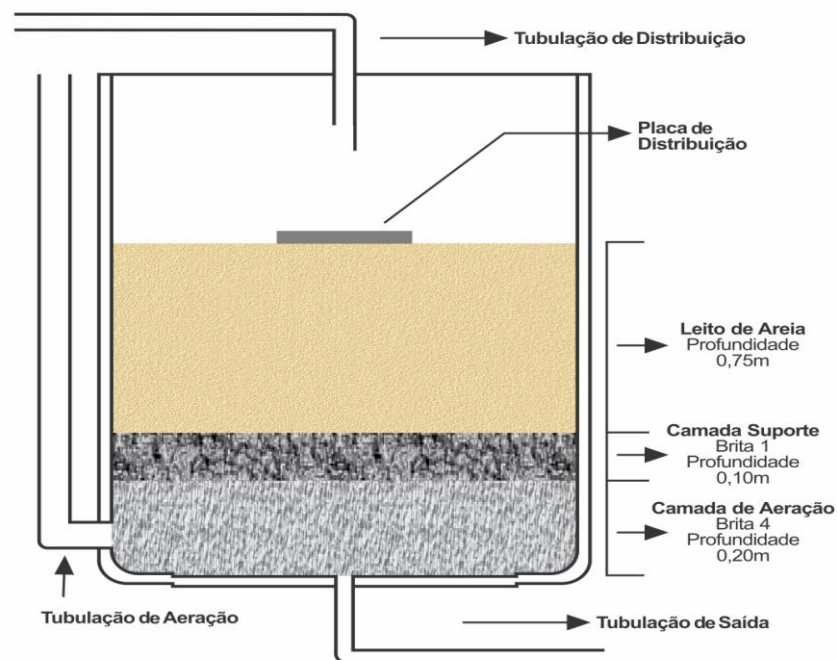
Processos físicos, químicos e biológicos ocorrem simultaneamente em um filtro, em algum grau. Filtração, sedimentação, impacto inercial, interceptação, adesão, floculação, difusão, adsorção, absorção e atividade biológica são mecanismos de remoção de contaminantes na filtração de esgotos em areia. A filtração envolve a retenção mecânica. O impacto inercial, a interceptação e a adesão ocorrem quando as partículas, ao se moverem através do filtro, se chocam contra grãos do meio, sendo então removidas. As partículas se movendo entre os poros também se chocam com outras formando flocos que são posteriormente removidos por outros mecanismos. A difusão é importante na remoção de partículas muito pequenas, como os vírus. Ela ocorre por causa dos pequenos interstícios que existem no meio poroso e porque o fluxo é laminar. A adsorção física dos constituintes ocorre na superfície do meio filtrante devido a forças eletrostáticas,

eletrocinéticas e de Van der Waals; já a adsorção química ocorre devido à ligação e interação química entre esses constituintes e o meio (ANDERSON et al 1985; CRITES e TCHOBANOGLIOUS 1998; MENORET, 2001).

Embora processos físicos tenham papel importante entre os mecanismos de remoção de um filtro, o sucesso do tratamento de esgotos por filtração intermitente depende fundamentalmente dos processos biológicos que ocorrem no filtro, sendo as bactérias os principais organismos atuantes, ainda que exista uma larga faixa de níveis tróficos, que vai de bactérias a animais multicelulares, inclusive metazoários (CALAWAY, 1957).

A área efetiva afeta a quantidade de efluente que será filtrado, a taxa de filtração e a profundidade de penetração da matéria sólida insolúvel. Com a utilização de um leito com partículas muito grossas, tem-se baixo tempo de retenção do efluente aplicado, não atingindo o ponto adequado para a decomposição biológica. A figura 7 mostra um breve esboço de um filtro de areia.

Figura 7: Esquema do filtro de areia intermitente



Fonte: Adaptado de Tonetti (2004)

Com areia muito fina, a quantidade de efluente que será filtrada é pouca e o filtro poderá ser entupido rapidamente. Metcalf & Eddy (1991) recomendam que não mais que 1% da areia deva ser mais fina que 0,13 mm. Quando se tem alto

coeficiente de uniformidade, ou seja, uma grande desigualdade no tamanho das partículas do leito, elas estarão muito próximas entre si, o que diminui a porosidade total e a média de área dos espaços dos poros, reduzindo assim a sua permeabilidade para o efluente. No que se refere à taxa de aplicação, ela é crítica para o bom funcionamento do processo. O sistema deve ser projetado para assegurar uma distribuição uniforme do efluente no leito do filtro. Também se deve buscar, entre as taxas hidráulicas aplicadas, um tempo suficiente de descanso para o sistema, com o objetivo de mantê-lo em condições aeróbias.

2.7 Sistema de Reuso: Hidroponia

Com a evolução de técnicas de irrigação e cultivo de plantas, desenvolveu-se a hidroponia. Segundo Villela Júnior *et al.*, 2003 o termo hidroponia (“hidro”= água e “ponos” = trabalho) foi criado em 1930 pelo Dr. W.F. Gerike, da Universidade da Califórnia, que popularizou o cultivo das plantas na ausência de solo, produzidas em soluções nutritivas.

Essa técnica tem sido utilizada há milhares de anos. Resh (20) cita os jardins suspensos da Babilônia e os jardins flutuantes dos astecas e da China como sendo os primeiros cultivos em água que se tem notícia. (ALBERONI, 1998).

O cultivo hidropônico no Brasil foi introduzido em 1987, por produtores paulistas que trouxeram a técnica do Japão, principalmente para o cultivo de hortaliças e plantas ornamentais, e mais recentemente para a produção de forragem verde para alimentação de criações intensivas.

O cultivo hidropônico, como descrito em Martinez (1997), é todo aquele que não tem o solo como suporte para a cultura e no qual uma solução nutritiva, sendo o solvente a água, alimenta plenamente os vegetais. O suporte do vegetal pode ser no caule, deixando as raízes livremente submersas em uma solução nutritiva, ou utilizando as raízes, quando plantada em material inerte. Quando há suporte pelas raízes em meio passivo, são utilizados suportes orgânicos (serragens, cascas, fibras, etc.), ou inorgânicos, podendo estes últimos ser naturais (areia, cascalho) ou não (lãs minerais, espumas sintéticas, argila expandida, plástico granulado, etc.).

Seja qual for o método, o fundamental é que a solução nutritiva substitui o solo em sua função mais complexa: suprir as necessidades de nutrientes dos vegetais. O fornecimento da solução nutritiva pode ser com recirculação, contínua ou descontínua, ou não (forma aberta).

O uso da técnica de cultivo em hidroponia com esgoto tratado é uma ferramenta poderosa na preservação e uso racional da água. Permite uma economia de área necessária de até dez vezes quando comparado a sistemas de cultivo irrigado. Esta técnica se baseia no princípio de reciclagem de água, podendo ser utilizada ainda como unidade de pós-tratamento de efluentes domésticos. Desta forma, os sistemas hidropônicos que utilizam esgoto tratado atuam, principalmente, na remoção biológica dos nutrientes eutrofizantes (nitrogênio e fósforo) além de remover teores remanescentes da matéria orgânica carbonácea e outros íons serviram de “alimento” para as plantas cultivadas. (MOTA, 2009).

A maioria das plantas tem o solo como o meio natural para o desenvolvimento do sistema radicular, encontrando nele o seu suporte, fonte de água, ar e minerais necessários para a sua alimentação e crescimento. As técnicas de cultivo sem solo substituem este meio natural por outro substrato, natural ou artificial, sólido ou líquido, que possa proporcionar à planta aquilo que, de uma forma natural, ela encontra no solo (Castellane e Araújo, 1995). Com o intuito de se conseguir maior produtividade e melhoria na eficiência e qualidade de produção em sistemas hidropônicos, têm se desenvolvido outros métodos alternativos de cultivo.

Segundo Bernardes (1997), o sistema NFT é uma técnica de cultivo em água, no qual as plantas crescem tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaletas (paredes impermeáveis) através do qual circula uma solução nutritiva (água + nutrientes). O pioneiro dessa técnica foi Allen Cooper, no Glasshouse Crop Research Institute, em Littlehampton (Inglaterra), em 1965. NFT é originário das palavras *NUTRIENT FILM TECHNIQUE*, que foi utilizado pelo Instituto inglês para determinar que a espessura do fluxo da solução nutritiva que passa através das raízes das plantas deve ser bastante pequena (laminar), de tal maneira que as raízes não ficassem totalmente submersas, faltando-lhes o necessário oxigênio.

Tradicionalmente, o Brasil vem utilizando para a montagem dos canais telhas de cimento amianto ou tubos de PVC, que são materiais tradicionais na construção civil brasileira, fáceis de encontrar e com preços razoáveis.

No sistema NFT não há necessidade de se colocar materiais dentro dos canais, como pedras, areia, vermiculita, argila expandida, palha de arroz queimada; dentro dos canais somente raízes e solução nutritiva.

O sistema NFT funciona da seguinte maneira: a solução nutritiva é armazenada em um reservatório, de onde é recalçada para a parte superior do leito de cultivo (bancada) passando pelos canais e recolhida, na parte inferior do leito, retornando ao tanque. (Teixeira, 1996).

Com o intuito de se conseguir maior produtividade e melhoria na eficiência e qualidade de produção em sistemas hidropônicos, têm se desenvolvido outros métodos alternativos de cultivo. A aeroponia é uma técnica de cultivo sem solo que consiste em cultivar as plantas suspensas no ar, tendo como sustentação canos de PVC que podem ser dispostos no sentido horizontal ou vertical, permitindo um melhor aproveitamento de áreas e a instalação de um número maior de plantas por metro quadrado de superfície da estufa, obtendo-se, assim, um aumento direto de produtividade.

Nesse sistema não é utilizado nenhum tipo de substrato, sendo que as raízes, protegidas da luminosidade dentro dos canos, recebem a solução nutritiva de forma intermitente ou gota a gota, de acordo com esquema previamente organizado. Há casos de aeroponia, nos quais, a solução nutritiva é nebulizada ou pulverizada sobre as raízes.

Segundo Teixeira (1996), aeroponia horizontal consiste fundamentalmente em cultivar as plantas em tubos de plásticos (PVC) de 12 a 15 cm de diâmetro, em cujo interior passa a solução nutritiva. Os tubos são colocados com inclinação de 1-3%. A solução entra pela parte mais alta do tubo saindo pela outra extremidade. As mudas são colocadas, nos tubos de PVC, em perfurações de 3-4 cm de diâmetro e no espaçamento indicado à cultura. Os tubos são colocados em grupos formando linhas seguidas. Os grupos são colocados um em cima dos outros, a 1 m de distância, como se fossem andaimes. O apoio é feito em estruturas metálicas ou de madeira, de preferência, móveis.

Já na aeroponia vertical se cultivam plantas em colunas (tubos de PVC de quatro polegadas), de cerca de 2 m de comprimento. Esses tubos recebem perfurações para adaptação das mudas. As colunas são dispostas paralelamente, deixando-se espaços de 1,40 m entre elas, formando grupos. Entre os grupos se deixa o espaçamento de 1,80 m. Maneja-se a formação de grupos de modo que a

luminosidade e a temperatura sejam as desejáveis para boa produtividade. A solução nutritiva entra pelo alto da coluna, passa ao longo da mesma, é recolhida na parte inferior, é filtrada e retorna ao reservatório. O processo inclui, como nos anteriores, bomba para recalque da solução, “timer” programador e reservatório de solução nutritiva. (Teixeira, 1996).

O Sistema DFT (Deep film technique) ou Floating ou Piscina é muito usado para a produção de mudas, como por exemplo, de alface. Nessa piscina são colocadas as bandejas de isopor, deixando correr uma lâmina de solução nutritiva (aproximadamente de 4 a 5 cm) suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular das mudas, mantendo o substrato úmido e permitindo a absorção dos nutrientes.

Segundo Furlani et. al. (1999), no sistema DFT não existem canais, mas sim uma mesa ou caixa rasa nivelada onde permanece uma lâmina de solução nutritiva. O material utilizado para sua construção pode ser madeira, plástico ou fibras sintéticas (em moldes pré-fabricados).

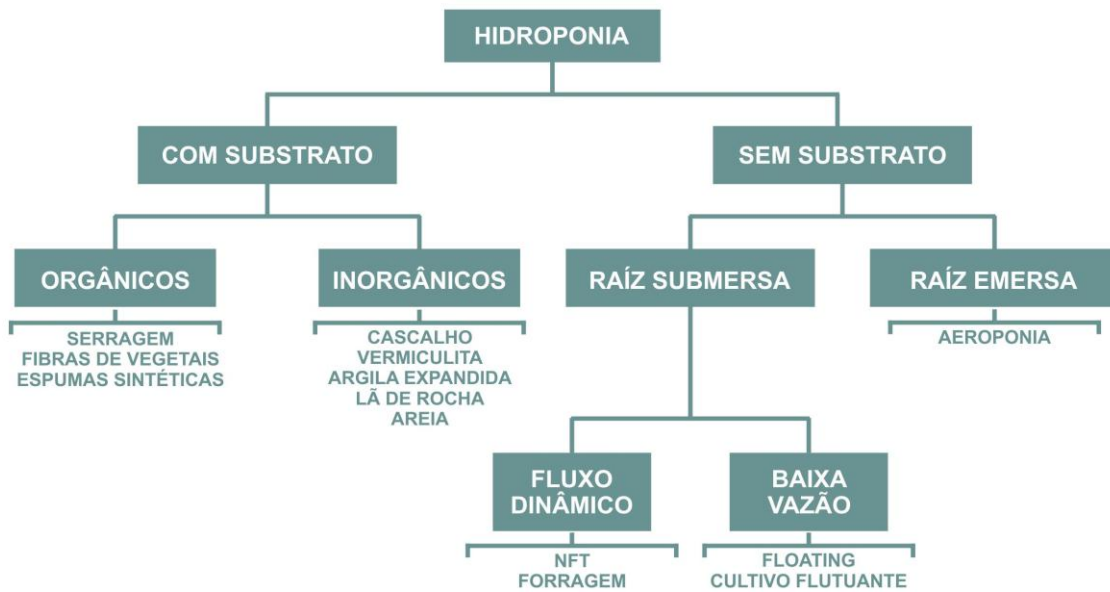
A altura da lateral da caixa de cultivo deve ser de 10 a 15 cm, dependendo da lâmina desejada, que normalmente varia de 5 a 10 cm. O suporte da mesa também pode ser de madeira ou de outro material, como descrito para as bancadas do sistema NFT. Para a manutenção da lâmina de solução, deve-se instalar um sistema de alimentação e drenagem compatível, ou seja, a drenagem sempre maior ou igual à entrada de solução, para manter constante o nível da lâmina.

No sistema DFT as raízes das plantas permanecem submersas na solução nutritiva por todo o período de cultivo, por isso a oxigenação da solução merece especial atenção, tanto no depósito quanto na caixa de cultivo. A instalação de um “venturi” na tubulação de alimentação permite eficiente oxigenação na lâmina de solução.

Para as mesas pré-fabricadas em material plástico ou fibras de vidro e com revestimento interno não é necessária à impermeabilização, mas naquelas feitas de madeira deve-se cobrir o fundo e as laterais com dois filmes plásticos, sempre o preto por baixo e o de polietileno tratado contra radiação UV por cima, para conferir resistência aos raios solares.

O breve fluxograma da figura 8 resume bem como estão divididas as técnicas hidropônicas relatadas.

Figura 8: Técnicas Hidropônicas



Fonte: Adaptado de Melo *et al.* (2006)

Segundo Alberoni (1998), alguns parâmetros devem ser levados em consideração no cultivo hidropônico e o primeiro deles diz respeito à topografia do local, que deve apresentar uma inclinação em torno de 5%, ocorrendo casos dessas inclinações possuírem declividades superiores a 20%. A orientação com relação ao sol também é fator importante, visando um maior aproveitamento da luminosidade e da carga térmica, sendo recomendada a orientação norte-sul. Segundo pesquisas esse posicionamento oferece um aproveitamento de energia solar 26% maior com relação à orientação leste-oeste. Outro fator segundo o autor está relacionado a regiões quentes, aconselhando um maior espaçamento entre as mudas de culturas cultivadas, para que haja uma maior circulação de ar entre elas e evitando o acúmulo de umidade que poderia vir a criar um microclima prejudicando o crescimento das plantas.

Existem estudos que comprovam que as perdas de hortaliças podem chegar a 35%. Mesmo após a colheita, os tecidos da planta continuam metabolizando-se (respiração/transpiração) e consequentemente, perdem água, mas a maior perda de água é causada pelos danos mecânicos (cortes e impactos), como acontece com o alface plantado no solo, em função do processo de colheita. (ALBERONI, 1998).

Com relação aos nutrientes necessários pelas plantas no cultivo hidropônico, um breve se torna importante sobre os principais e suas decorrentes funções

nutricionais necessárias ao crescimento de diversas culturas seguindo o raciocínio de Alberoni (1998). Começaremos com o nitrogênio (N) que é um dos nutrientes mais requisitados pelas culturas tendo função mais funcional do que estrutural através uma vez que primeiramente é sintetizado à forma amoniacal sendo assim utilizado, através de combinações das cadeias orgânicas, na formação dos aminoácidos, das proteínas, hormônios e enzimas. Nitrogênio é um elemento móvel e em níveis adequados mostram plantas que apresentam folhas com verde intenso e com bons níveis de produtividade, caso contrário às plantas apresentam-se amareladas com, com baixo crescimento e baixa produção de frutos. O seu excesso faz com que tornam os órgãos aéreos das plantas alongados, facilitando o aparecimento de doenças e insetos.

Um nutriente de suma importância ao desenvolvimento, o fósforo (P) que age na produção de energética, na respiração e divisão celular assim como diversos outros processos metabólicos. O suprimento de fósforo é importante na formação de partes reprodutivas, estimulando a floração, o desenvolvimento da parte aérea, o aumento do sistema radicular e a precocidade da colheita. O excesso de fósforo pode acarretar na diminuição da assimilação do nitrogênio acarretando em desequilíbrios citados pela falta do nitrogênio.

Juntamente com o nitrogênio, o potássio (K) é um dos nutrientes mais consumidos pelas culturas e o sua função é ativar as funções enzimáticas e a manutenção da turgidez celular. No nível correto de potássio o fruto fica em uma situação ideal de colheita, assim com sua durabilidade aumenta resistindo a patógenos. A deficiência em potássio causa sintomas que não são de forma imediata, reduzindo o crescimento, apresentando necrose, clorose nas pontas e margens das folhas.

O cálcio (Ca) tem grande importância no equilíbrio entre a alcalinidade e acidez na seiva das plantas, pois em excesso esses parâmetros são prejudiciais. Em termos de deficiência de cálcio nota-se a redução no crescimento de tecidos em brotos e em extremidades de raízes fazendo com que as folhas se enrolem irregularmente e provocando uma planta anã [...]. Seu excesso causa deficiências que podem ser confundida com deficiência de outros nutrientes como: zinco, cobre, ferro, boro e manganês.

O magnésio (Mg) é um elemento móvel participante da fotossíntese como elemento central da molécula de clorofila e sua ausência causa deficiência que

aparece primeiro em folhas velhas, da margem para o interior, com clorose internerval. Altas taxas de potássio nas plantas agravam a deficiência de magnésio.

Importante pela associação ao nitrogênio, o enxofre (S) encontra-se em maior parte na composição de proteínas. Sua deficiência interrompe a síntese de proteínas, reduzindo assim o crescimento das plantas, deixando-as cloróticas. O enxofre é pouco móvel não sendo transportado das folhas mais velhas para as mais novas.

O manganês (Mn) em seu íon (Mn^{2+}) formam pontes entre o ATP e enzimas, síntese de proteínas e formação do ácido ascórbico (vitamina C). Se relaciona em processos de oxirredução e participa do desdobramento da molécula de água e do sistema fotossintético. Na sua deficiência, ocorre clorose internerval das margens para o centro.

O boro (B) atua no metabolismo de carboidratos e transporte de açúcares através da membrana, na formação da parede celular, na divisão celular e no movimento da seiva. Sua falta acarreta na deformação dos brotos.

O único cuidado que se deve ter em relação ao nutriente cloro (Cl) é que, em excesso, causa toxicidade à planta e é muito mais frequente do que sua deficiência e pequenos excessos nos níveis de cloro podem provocar essa toxicidade.

O cobre (Cu) está presente na fotossíntese, respiração, redução e fixação de nitrogênio, além de influenciar na permeabilidade da água nos vasos xilema, bem como na resistência a doenças fúngicas. Sua deficiência acarreta em amarelecimento das plantas e as folhas se tornam brancas nas extremidades.

O ferro (Fe) está presente nos cloroplastos e exerce funções estruturais, aumento a coloração verde das plantas e evitando a clorose que na sua ausência se inicia das nervuras para as margens das folhas novas, pois o ferro é um nutriente de baixa mobilidade dentro da planta.

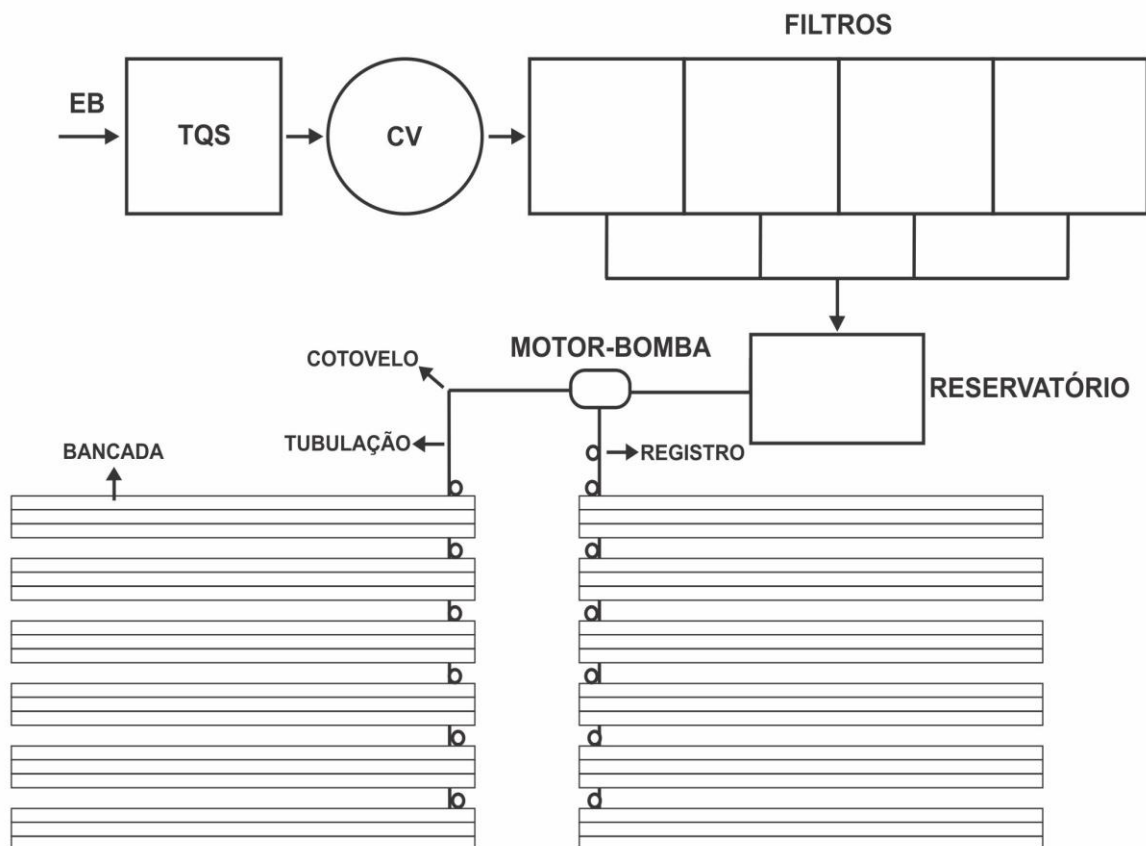
Por fim, tem-se um nutriente importante por ser componente de várias enzimas, o zinco (Z), exerce função de estabilização de componentes e na permeabilidade da membrana. Na sua deficiência as plantas crescem pouco e as folhas ficam pequenas. (ALBERONI, 1998).

3 METODOLOGIA

O processo metodológico foi guiado por estudos da implementação de um sistema de reuso de água advindas dos usos domésticos e sanitários, as águas residuárias ou residuais, de residências estabelecidas em pequenas cidades ou comunidades que giram em torno de 5000 a 10000 habitantes e que estão localizadas no semiárido do Nordeste brasileiro.

O esquema da figura 9 exemplifica o sistema de tratamento adotado, que consiste na construção de uma fossa séptica comunitária, para o tratamento dos resíduos líquidos em caráter preliminar e em seguida um sistema de pós-tratamento que consiste na instalação de filtros aeróbios do tipo filtros de areia intermitentes (FEINT), visando adequar as águas do reuso às recomendações da resolução Nº 54, que estabelece critérios gerais para reuso de água potável.

Figura 9: Sistema de tratamento integrado ao reuso



Obtendo-se águas adequadas devido aos critérios de tratamento e pós-tratamento adotados, utilizaremos um sistema de reuso baseado no princípio do cultivo hidropônico de culturas de caráter alimentícios e medicinais e que melhor se adaptem às condições regionais e climáticas do semiárido brasileiro, visando assim uma melhor condição de subsistência para as famílias que vivem nessas regiões.

Segundo o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), adaptado pelo INSA, temos um número de 264 municípios que tem em torno de 5.001 a 10.000 habitantes e pela classificação do quadro 6 estes municípios são considerados de pequeno porte e segundo o INSA dados populacionais expuseram também que dos 1.135 municípios do Semiárido brasileiro a grande maioria (93,39%) é considerada de pequeno porte.

O quadro 6 apresenta os parâmetros para a classificação dos municípios do semiárido brasileiro em pequeno, médio e grande porte, levando em consideração o tamanho de sua população residente:

Quadro 6: Parâmetros para a classificação do porte dos municípios do semiárido por nº de habitantes

População	Nº de municípios	Classificação	Nº total de habitantes
Até 5.000	190	Pequeno	697.046
5.001 a 10.000	264	Pequeno	1.882.695
10.001 a 20.000	373	Pequeno	5.323.977
20.001 a 50.000	233	Pequeno	6.836.496
50.001 a 100.000	57	Médio	3.723.683
100.001 a 500.000	17	Grande	3.577.779
500.001 a 900.000	1	Grande	556.642
Total	1.135	225	22.598.318

Fonte: Adaptado do INSA (2010)

Com os dados de população expostos tem-se a noção das quantidades de pessoas que futuramente se beneficiarão com o projeto, impulsionando-se por essa motivação, se adentra na parte de dimensionamentos de tanque séptico comunitário,

tanque de equilíbrio, filtros de areia intermitentes e estrutura para o cultivo hidropônico.

O dimensionamento do tanque séptico seguiu as normas da NBR nº 7.229/1993, que está à disposição no manual de saneamento da FUNASA e estará sujeita a seguinte fórmula:

$$V = 1000 + N * (C * T + K * L_f), \text{ onde:}$$

V = Volume útil, em litros.

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição

C = Contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Quadro 7).

T = Período de detenção, em dias (Quadro 8).

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Quadro 9).

L_f = Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia ou em litro/unidade x dia (Quadro 7).

Quadro 7 – Contribuição diária de esgoto e lodo fresco por tipo de prédio e de ocupante

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto (C)	Contribuição de lodo fresco (L _f)
1. Ocupantes permanentes			
Residência:			
- Padrão alto;	pessoa/litros	160	1
- Padrão médio;	pessoa/litros	130	1
- Padrão baixo;	pessoa/litros	100	1
- Alojamento provisório.	pessoa/litros	80	1
2. Ocupantes temporários			
- Fábrica em geral;	pessoa/litros	70	0,3
- Escritório;	pessoa/litros	50	0,2
- Edifícios públicos ou comerciais;	pessoa/litros	50	0,2
- Escola (externatos) e locais de longa permanência;	pessoa/litros	50	0,2
- Bares;	pessoa/litros	6	0,1
- Restaurantes e similares;	refeições	25	0,1
- Cinema, teatros e locais de curta permanência;	lugar	2	0,02
- Sanitários públicos.	vaso	480	4

Fonte: Adaptado da ABNT (1993)

Quadro 8 – Período de detenção (T) dos despejos, por faixa de contribuição diária

Contribuição Diária (L)	Tempo de Detenção (T)	
	Dias	Horas
Até 1.500	1,00	24
De 1.501 a 3.000	0,92	22
De 3.001 a 4.500	0,83	20
De 4.501 a 6.000	0,75	18
De 6.001 a 7.500	0,67	16
De 7.501 a 9.000	0,58	14
Mais que 9.000	0,5	12

Fonte: Adaptado da ABNT (1993)

Quadro 9 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por Intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

Intervalo entre Limpezas (Anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (L), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 10$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: ABNT (1993)

A princípio, foram dimensionados dois tanques sépticos para uma população de 5.000 habitantes, que é a população mínima estipulada neste estudo, cada tanque atendendo metade da população, no intuito do melhor aproveitamento de nutriente e melhor manuseamento da técnica hidropônica.

Para as cidades com 10.000 habitantes a sugestão foi, por analogia, a construção de (quatro) tanques sépticos, cada tanque suprimindo a necessidade de um quarto da cidade que pode ser dividido por bairros ou por igualmente divididas pela população dos quatro cantos da cidade. Seguindo a mesma linha de raciocínio o dimensionamento dos tanques deve ser seguido para as populações de 6.000 habitantes em diante, sempre levando em conta a maior concentração populacional da cidade no intuito de construir um tanque séptico de maior ou menor volume.

Como foi calculado um tanque-séptico estilo comunitário, comumente usado em muitas cidades do semiárido nordestino, utilizando o valor de padrão médio tanto para contribuição, quanto contribuição de lodo fresco, o tempo de detenção de 0,5 dias e a taxa de acúmulo de lodo de 65, calculou-se o volume do tanque.

O sistema hidropônico sugerido ao propósito do reuso foi a NFT que é originário das palavras Nutrient Film Technique discriminada na fundamentação e debatida na análise dos resultados.

Os resultados empíricos analisados foram gentilmente cedidos pelo orientador Professor Doutor Howard Willian Pearson, onde através de um sistema de tratamento combinado similar ao proposto e de menores proporções, tem-se uma breve noção de como se comporta tal sistema em termos de eficiência e remoção de alguns parâmetros.

O sistema empírico foi montado na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), no município de Campina Grande/PB. O esgoto sanitário utilizado na pesquisa era proveniente do interceptor principal da rede coletora de esgotos da cidade de Campina Grande e aduzido a um tanque séptico por meio de bombeamento, realizado oito vezes ao dia, durante cinco minutos, a cada três horas. (Luna et al ,2013).

O efluente do tanque de equilíbrio integrado ao tanque séptico era distribuído aos filtros por meio de sifão, permanecendo aproximadamente 25 minutos no filtro 1 e 15 minutos no filtro 2. (Luna et al ,2013).

No Quadro 10 verifica-se as cargas aplicadas ao tanque-séptico e aos filtros de areia intermitentes, quanto a área, volume, carga hidráulica volumétrica (CHV), carga orgânica volumétrica (COV), carga hidráulica superficial (CHS) e carga orgânica superficial (COS):

Quadro 10: Cargas aplicadas ao tanque séptico e aos filtros de areia intermitentes

Parâmetro	Tanque Séptico	Filtro 1	Filtro 2
Área (m ²)	2,16	1,84	1,94
Volume (m ³)	2,90	1,94	0,97
CHV (L m ⁻³ .dia ⁻¹)	510	-	-
COV (gDQO m ⁻³ .dia ⁻¹)	192	-	-
CHS (L m ⁻² .dia ⁻¹)	-	400	390
COS (gDQO m ⁻² .dia ⁻¹)	-	90	88

Fonte: LUNA et al,(2013)

Concretizado todo o sistema de reuso, espera-se que ele impulse o cultivo de várias culturas e que várias famílias se beneficiem através do sistema de cooperativa, onde o principal objetivo da cooperativa é prestar serviço a seus associados.

A legislação vigente (Código Civil de 2002 e Lei 5.764/71) define cooperativa da seguinte forma: as cooperativas são sociedades de pessoas, com forma e natureza jurídica própria e, independentemente de seu objeto, a Lei (parágrafo único, art. 982, CC 2002) as classifica como sociedade simples, não sujeitas a falência, constituídas para prestar serviços aos associados. Cooperativa é uma associação autônoma de pessoas que se unem, voluntariamente, para satisfazer aspirações e necessidades econômicas, sociais e culturais comuns a seus integrantes, e constitui-se numa empresa de propriedade coletiva, a ser democraticamente gerida. Portanto, é necessário o envolvimento do maior número possível de futuros sócios no processo de constituição.

Mesmo que algumas atividades pareçam burocráticas demais para serem conduzidas por um grupo ou equipe, é possível reunir pessoas interessadas em criar a cooperativa. Abaixo seguem algumas orientações para condução de um processo democrático e participativo:

- Determinar os objetivos da cooperativa, escolher uma comissão para tratar das providências necessárias à criação da cooperativa, com indicação de um coordenador dos trabalhos.
- Analisar se a cooperativa é solução mais adequada (realizar estudo técnico de viabilidade econômica e social).
- Realizar reuniões com todos os interessados em participar da cooperativa, a fim de verificar as condições mínimas necessárias para que a cooperativa seja viável.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dimensionamento do sistema de tratamento teve início pelo tanque-séptico, no qual foi usado a fórmula da norma NBR nº 7.229/1993 para ser calculado o volume do tanque em relação à quantidade de habitantes que irão contribuir com os despejos. Tendo o conhecimento que o perímetro urbano dos municípios é cercado pela zona rural, divide-se o número de habitantes e objetivando-se um tratamento simplificado.

Tanque-séptico para até 2.500 habitantes:

$$\begin{aligned}
 V &= 1000 + N * (C * T + K * Lf) \\
 V &= 1000 + 2.500 * \{(100) * 0,5 + 65 * (1)\} \\
 V &= 1000 + 2.500 * \{65 + 65\} \\
 V &= 1000 + 2.500 * \{130\} \\
 V &= 1000 + 325.000 \\
 V &= 288.500 \text{ L} \\
 \text{Ou} \\
 V &= 288,5\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Multiplica-se o volume total por um coeficiente de retorno C, pois após as previstas perdas pelo caminho, o volume que deve chegar ao tanque será de 80% do volume total dos resíduos líquidos advindos das unidades habitacionais.

$$V_{\text{chegada}} = V_{\text{total}} * C = 288.500\text{L} * 0,8 = 230.800 \text{ L ou } 230,8 \text{ m}^3$$

Utilizando o Quadro 11 pode-se deduzir a profundidade máxima, que seria de 2,80m e a profundidade mínima que em nosso caso seria de 1,80m. Com o volume e a profundidade pode-se calcular as dimensões do tanque com relação a comprimento e largura.

Sabendo que $\text{Vol} = P_{\text{rof}} * C_{\text{omp}} * L_{\text{arg}}$ (Profundidade * Comprimento * Largura), com Volume igual a 230,8m³, para a profundidade de 2,80m, teremos uma área de:

$$230,8\text{m}^3 / 2,80 \text{ m} \sim 82,81 \text{ m}^2$$

Quadro 11 – Profundidade útil mínima e máxima por faixa de volume útil:

Volume Útil (m ³)	Profundidade Útil Mínima (m)	Profundidade Útil Máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais de 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT(1993)

Tomando como base a proporção de comprimento 4: largura 1, teremos:

$$C_{\text{omp}} \sim 18,2 \text{ m e } L_{\text{arg}} \sim 4,55 \text{ m}$$

Área do Tanque: 18,4 m x 4,55 m

Foram seguidas as recomendações e normas da NBR 13969, no que diz respeito à instalação dos filtros de areia, para tanto, a aplicação do efluente deve ser feita de modo intermitente, com emprego de uma pequena bomba ou dispositivo dosador, permitindo o ingresso de ar através do tubo de coleta durante o período de repouso.

Deve ser prevista caixa de reservação do efluente do tanque séptico com uma bomba de recalque ou um sifão a montante do filtro. A primeira é utilizada preferencialmente onde o nível previsto do filtro de areia está previsto está acima do nível de tubulação de efluente do tanque-séptico; a segunda opção é adequada onde o filtro de areia está em nível inferior à saída do tanque séptico. O volume da caixa deve ser dimensionado de modo a permitir no máximo uma aplicação do efluente a cada 6h (NBR 13969). Neste estudo foi adotada uma alimentação a cada 8h.

A caixa de reservação é de formato cilíndrico e foi dimensionada pelo volume total da fossa dividido por oito, pois é alimentada de três em três horas, obtendo-se assim o volume da caixa.

$$V_{\text{caixa reserv}} = 230.800/8 = 28.850,00 \text{ L}$$

Adotando uma profundidade para a caixa de reservação, similar ao do tanque séptico, encontra-se o raio da caixa de reservação:

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= \text{Área} \times \text{Profundidade} \\ 28,85 \text{ m}^3 &= (\pi \times R^2) \times 2,80\text{m} \\ (\pi \times R^2) &\sim 10,3 \\ R^2 &\sim 3,28 \\ R &\sim 1,81 \text{ m} \end{aligned}$$

Mas a caixa não irá trabalhar com a capacidade total e a saída de efluente não sairá pela tampa, mais por um ponto elevado da área lateral. Ainda no raciocínio da capacidade da caixa, ela também gera lodo, portanto para um melhor trabalho da caixa foi adotado um raio de 2,00 m o que aumentará o volume em:

$$\begin{aligned} V_{\text{caixa reserv}} &= \text{Área} \times \text{Profundidade} \\ V_{\text{caixa reserv}} &= (\pi \times R^2) \times 2,80\text{m} \\ V_{\text{caixa reserv}} &= 3,14 \times 4 \times 2,80 \\ V_{\text{caixa reserv}} &= 35,268 \text{ m}^3 \text{ ou } 35.268 \text{ L} \end{aligned}$$

Calculados o tanque-séptico e a caixa de reservação, chega a vez do dimensionamento do sistema de pós-tratamento, ou seja, os FAINT. Segundo (Coraucci Filho, 2001), a construção e implantação do filtro de areia são muito simples, quando comparada aos outros métodos. Deve-se observar que os materiais utilizados na construção da estrutura, onde serão depositados o leito de areia e a camada de brita, devem suportar a agressividade química dos esgotos. Normalmente, recomenda-se o uso de concreto, tijolo, fibra de vidro reforçado ou PVC. Existe a possibilidade de se construir o filtro semi-enterrado. Neste caso, a estrutura em que ele se encontra deverá ser impermeável ao efluente aplicado, impedindo a sua infiltração para camadas profundas, fato que poderia causar a contaminação do aquífero.

O dimensionamento foi iniciado com o cálculo da vazão, sendo a mesma que chegou ao tanque-séptico, ou seja, 288.500 L/ dia. Segundo a norma NBR 13969 de 97 a taxa de aplicação do efluente a ser considerada não deve ser superior a 100 L/dia x m² para efluente do tanque-séptico, área relativa à superfície horizontal de

apoio das tubulações. Mas a EPA (1980) recomenda uma taxa de 80 a 200 L/m².dia, quando a alimentação provém de tanque-séptico e entre 200 e 400 L/m².dia, quando proveniente de filtro aeróbio.

Adotando-se uma taxa de aplicação do efluente de 200 L/ dia x m², se acha a área necessária para a construção dos filtros:

$$A = Q/\text{Taxa de aplicação}$$

$$A = 230.800 \text{ L/dia} / 200 \text{ L/m}^2 \times \text{dia}$$

$$A = 1154 \text{ m}^2$$

Levando em conta as tubulações e conexões necessárias para a percolação de efluentes nos filtros, área foi arredondada, ficando aumentada para 1200 m², logo:

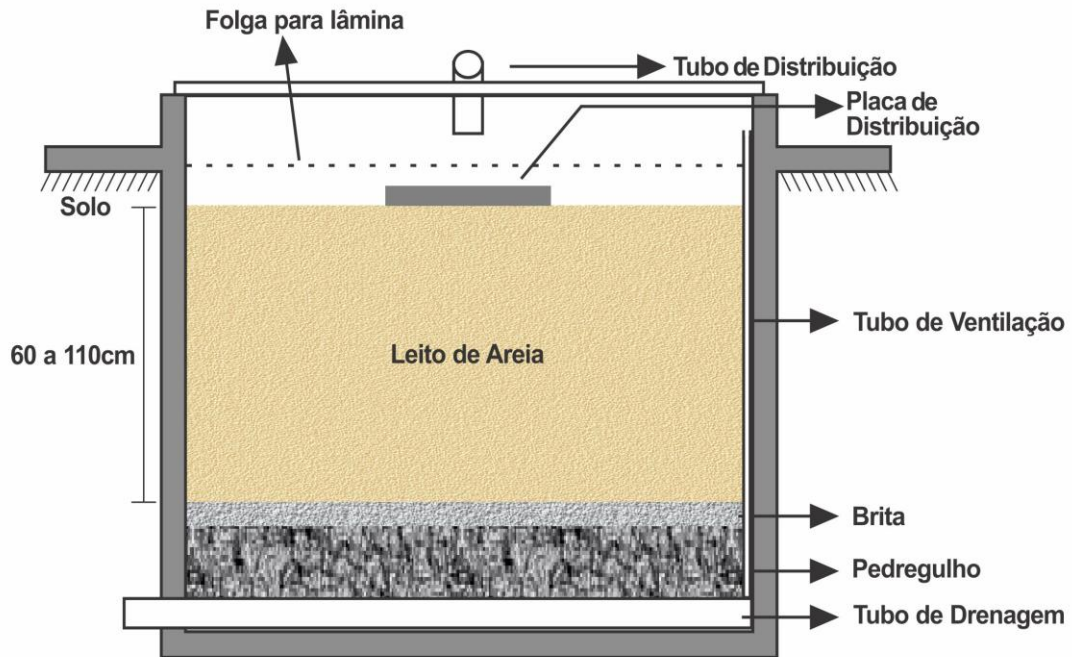
$$A_{\text{filtros}} = 1.200 \text{ m}^2$$

Descoberto a área disponível aos filtros, sugere-se a construção de 4 (quatro) FAINT de dimensões 30mx10m, ou seja, 30 metros de comprimento por 10 metros de largura. Adota-se uma profundidade de 1,10m, pois de acordo com a NBR7229/1993, a areia do filtro deve ter as seguintes características:

- Ser isenta de argila, terra, calcário, ou qualquer substância capaz de ser atacada pelo esgoto, ou de endurecer formando uma massa compacta ou impermeável;
- Seu diâmetro efetivo pode variar na faixa de 0,25 mm a 1,2 mm;
- O coeficiente de uniformidade deve ser inferior a 4;
- **A profundidade do leito formado poderá variar entre 60 e 110 cm.**

Para evitar maiores problemas de colmatção, visto que a filtração é intermitente, adotou-se um tubo de drenagem com diâmetro de 50mm. A figura 10 nos traz um exemplo de um esquema para unidade de filtro de areia semienterrado, que pode ser claramente tomado como exemplo.

Figura 10: Esquema para unidade de filtro de areia semienterrado



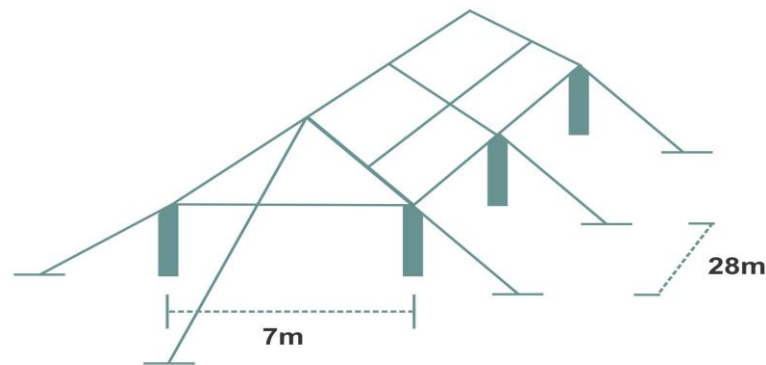
A sugestão do sistema hidropônico será do tipo NTF (Técnica do Filme Nutriente), Segundo Bernardes (1997), o sistema NTF é uma técnica de cultivo em água, no qual as plantas crescem tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta (paredes impermeáveis) através do qual circula uma solução nutritiva (água + nutrientes).

Tradicionalmente, o Brasil vem utilizando para a montagem dos canais, telhas de cimento amianto ou tubos de PVC, que são materiais tradicionais na construção civil brasileira, fáceis de encontrar e com preços razoáveis. No sistema NTF não há necessidade de se colocar materiais dentro dos canais, como pedras, areia, vermiculita, argila expandida, palha de arroz queimada; dentro dos canais somente raízes e solução nutritiva. (Alberoni 1998).

Em cultivos hidropônicos pela técnica do filme nutriente (em calhas) utilizando esgoto tratado, recomenda-se o emprego de sistemas fechados (em que a água é reaproveitada ao máximo até não oferecer mais condições de uso em razão do acúmulo de substâncias e elementos tóxicos ou por questões de higienização), aumentando assim a “vida útil” da solução nutriente e proporcionando um maior tratamento do esgoto — maior eficiência na remoção de nutrientes eutrofizantes. Sistemas abertos são ainda menos recomendados quando existe a utilização de um substrato que não se decompõe no solo após sua utilização e disposição final. (MOTA, 2009).

A estufa sugerida será a capela (duas águas), pois de acordo com (Alberoni 1998), é o modelo mais utilizado, que fornece amplo espaço interno, com bom escoamento da água das chuvas e boa proteção interna. Dependendo do tamanho da estufa, podem ser colocadas várias bancadas no seu interior, conforme a figura 11:

Figura 11: Modelo de estufa capela



Fonte: Adaptado de Alberoni (1998)

Segundo Furlani *et. al.* (1999), as bancadas para a técnica hidropônica são compostas de suportes de madeira ou outro material, os quais formam uma base de sustentação para os canais de cultivo, que podem ser de diversos tipos.

O material utilizado na confecção dos canais deve ser impermeável ou impermeabilizado para não reagir com a solução nutritiva. No Brasil, vêm-se utilizando para a montagem dos canais telhas de cimento amianto ou tubos de PVC, que são materiais muito usados na construção civil, fáceis de encontrar e com preços razoáveis. Também, mais recentemente, têm sido usados tubos de polipropileno de formato semicircular.

De acordo com (ALBERONI 1998), das plantas que podem ser cultivadas no sistema NTF a alface é a mais cultivada, mas pode-se encontrar nos sistemas de cultivo sem solo: rúcula, feijão-vagem, repolho, couve, salsa, coentro, melão, agrião, pepino, berinjela, pimentão, tomate, arroz, morango, forrageiras para alimentação animal, mudas de plantas frutíferas e florestais, plantas ornamentais, etc; teoricamente, qualquer planta pode ser cultivada no sistema.

O sistema hidropônico deve contar com um conjunto motor-bomba e que Segundo Teixeira (1996), a potência da bomba a empregar para o recalque da

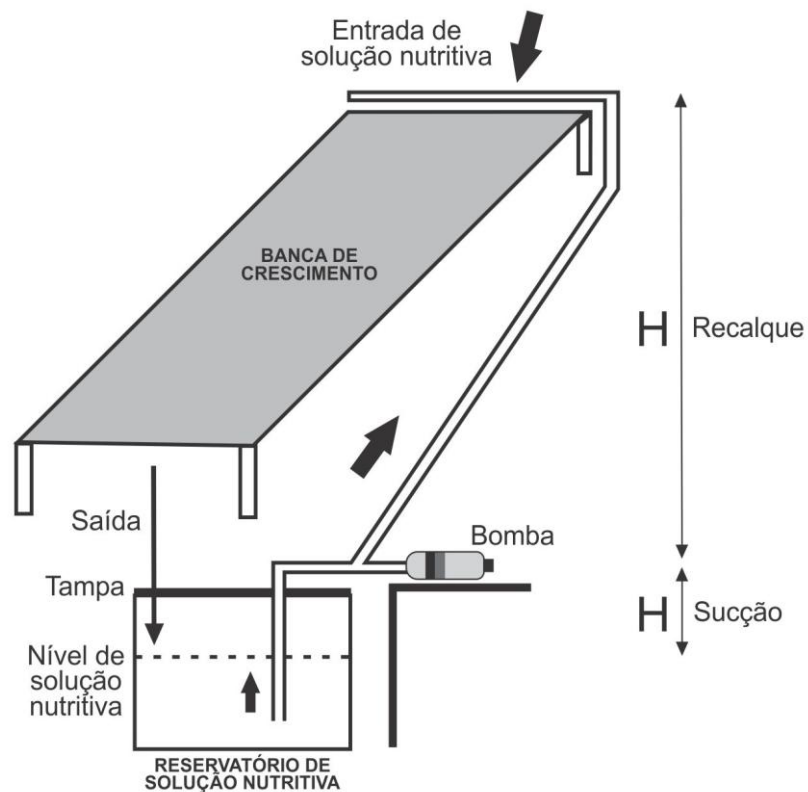
solução nutritiva é pequena. Para se calcular pode-se empregar a fórmula de Castellane e Araújo (1995):

$$\text{HP motor} = \frac{\text{Vazão x altura manométrica total}}{75 \times 0,90}$$

$$\text{HP bomba} = \frac{\text{HP motor}}{0,70}$$

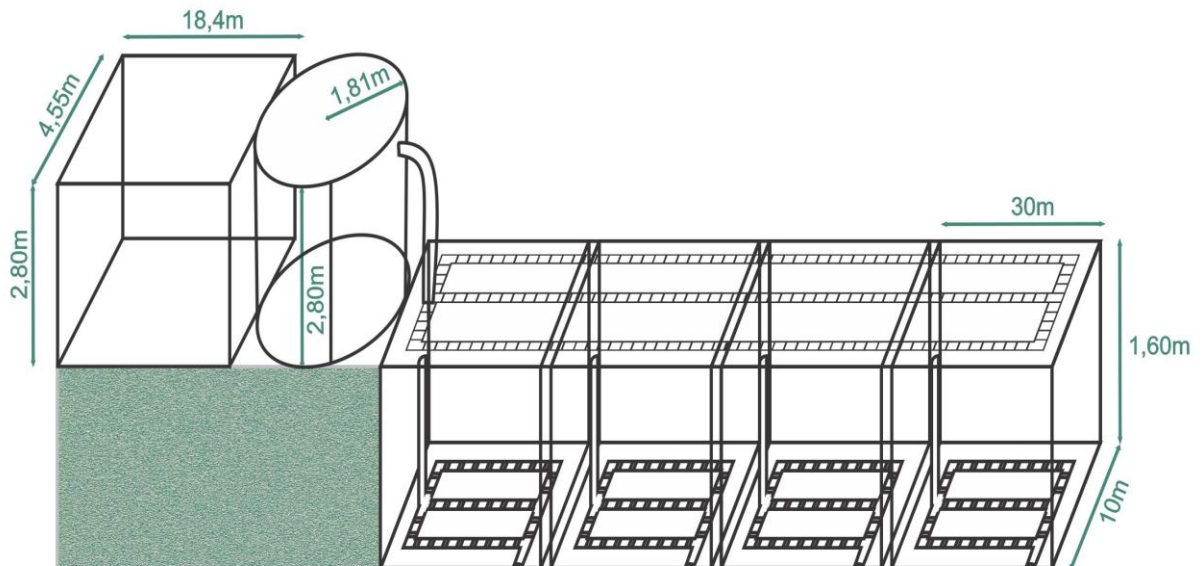
O conjunto motor-bomba está ligado ao reservatório, localizado em nível geométrico inferior ao ponto que liberará a solução nutritiva para os canais, ou seja, terá a função de recalque da solução nutritiva, conforme mostrado na Figura 12:

Figura 12: Modelo de sucção e recalque do sistema motor-bomba



O sistema de reuso experimental foi constituído por tanque séptico, caixa de reservação e filtros de areia intermitente e tendo a seguinte configuração mostrada na figura 13:

Figura 13: Sistema de reuso experimental



Outro motivo na escolha do sistema NTF foi a porcentagem estimada da área total para diferentes sistemas hidropônicos e o sistema sugerido tem a menor porcentagem entre os sistemas que não utilizam meios de suporte para as raízes, deixando assim o sistema NTF ainda mais barato.

Submetido os resíduos líquidos ao tratamento combinado (anaeróbio-aeróbio) e ao reuso, as águas resultantes do processo estão aptas a um outro propósito de reuso, onde toma-se como exemplo a aquicultura, ou retornarem aos corpos aquáticos sem nenhum prejuízo, pois a matéria orgânica e nutrientes, em particular o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio orgânico, que podem prejudicar o oxigênio dissolvido no meio aquático, são reduzidos através do sistema.

De acordo com Van Haandel e Lettinga (1994), na segunda metade deste século, tornou-se evidente que a descarga de efluentes de sistemas de tratamento secundário podia resultar em deterioração da qualidade de água do corpo receptor, mesmo quando a remoção do material orgânico era muito eficiente. A deterioração pôde ser atribuída em parte à descarga de amônia. Esta substância exerce uma demanda de oxigênio, já que no ambiente aquático pode ser oxidada para nitrato, num processo chamado nitrificação.

No caso, o sistema combinado mostra uma eficiência com relação à redução da matéria orgânica e a remoção de nutrientes, em particular o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio orgânico, como foi visto na fundamentação teórica deste estudo.

A temperatura é um parâmetro que trabalha a favor do sistema, em se tratando do tratamento combinado, tendo a clara noção de que está se trabalhando em ambientes com temperaturas de medianas para altas. As condições climáticas tropicais favorecem o metabolismo microbiano devido às altas temperaturas acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica. (Pimenta Et Al, 2005).

Os parâmetros analisados via processos laboratoriais, foram: potencial hidrogeniônico (PH), nitrogênio total Kjeldahl (N-NTK), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻) e como mostra a tabela a seguir, os valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção do fósforo total (P), dos coliformes termotolerantes e dos ovos de helmintos, com o PH em torno de 7 unidades.

No Quadro 12 observa-se os valores médios, desvio padrão e a eficiência de remoção dos parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos no esgoto bruto (EB), efluente de tanque sépticos (ETS), efluente do filtro 1 (EF1), efluente do filtro 2 (EF2).

Quadro 12: Valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção dos parâmetros fósforo total, coliformes termotolerantes e helmintos.

	Fósforo Total (mgP.L ⁻¹)			Coliformes Termotolerantes (UFC.100mL ⁻¹)			Helmintos (Ovos.L ⁻¹)		
	Média	Desvio Padrão	% Remoção	Média	Desvio Padrão	% Remoção	Média	Desvio Padrão	% Remoção
EB	8,7	1,02	-	2,38 x 10 ⁷	-	-	252,34	62,31	-
ETS	7,4	0,94	16	2,56 x 10 ⁶	-	89,23	106,00	23,98	58
EF1	5,9	0,92	20	3,82 x 10 ⁴	-	98,51	ND	ND	100
EF2	5,5	1,03	20	1,86 x 10 ⁵	-	92,75	ND	ND	100

Fonte: Adaptado de LUNA et al, (2013)

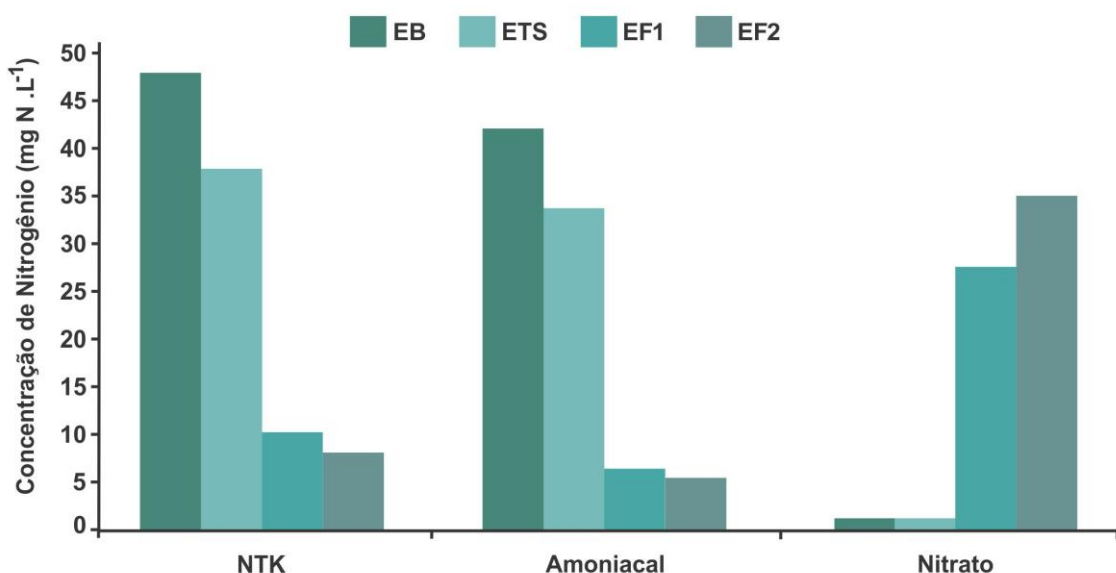
Pode-se perceber uma remoção de 20% no fósforo total ao final do processo de filtragem, o que favorece a reutilização do efluente advindo dos filtros, no processo de hidroponia e em um posterior reusa em aquicultura.

De acordo com Oliveira (2005), a faixa considerada típica em termos de coliformes termotolerantes em esgoto bruto doméstico no Brasil, pode variar de 10⁶ a

10^9 UFC/100ml, valores que se enquadram no valor encontrado nos experimentos que foi $2,38 \times 10^7$ UFC/100ml de esgoto bruto. Ao passar pelos filtros 1 e 2 os valores para coliformes caíram para $3,82 \times 10^4$ e $1,86 \times 10^5$ UFC/100ml respectivamente. Os valores de coliformes encontrados para os efluentes dos filtros não atendem a irrigação irrestrita, conforme normas estabelecidas por WHO (2006), mas no caso em questão, só as raízes estão em contato com o efluente, não sendo possível os coliformes passarem através das raízes das plantas, logo é preciso ter cuidado no cultivo para que as culturas não entrem em contato com o efluente.

Com relação à remoção de ovos de helminto, a técnica foi um sucesso, conseguindo uma eficiência de 100% de remoção, fruto do clima tropical do semiárido brasileiro. O desvio padrão encontrado para os ovos de helminto, pode ser considerado elevado devido à variação na vazão de esgoto sanitário durante a realização do procedimento de pesquisa. A Figura 14 apresenta os resultados referentes às concentrações médias de (N-NTK); (N-NH₄⁺) e (N-NO₃⁻), durante o período de experimentos, para esgoto bruto (EB); efluente do tanque-séptico (EFS), FAINT 1 (EF1) e FAINT 2 (EF2).

Figura 14: Concentração média de nitrogênio total Kjeldahl, nitrogênio amoniacal e nitrato no (EB), (ETS), (EF1) e (EF2).



Fonte: Adaptado de LUNA et al, (2013)

Os dados revelam através da figura 14, uma concentração média de nitrogênio total Kjeldahl no (EB) de 47 mg N-NTK/L, passando pelo tanque séptico, a

concentração passou para 38 mg N-NTK/L. No fim do processo de filtragem o parâmetro caiu para 10 mg N-NTK/L no efluente de filtro 1 e 8 mg N-NTK/L, representando uma eficiência na remoção de 73% e 78% respectivamente, apresentando um resultado bastante satisfatório.

Já as concentrações média de nitrogênio amoniacal sofreram uma redução de 34 mgN-NH₄⁺/L no (ETS) para 6,3 mgN-NH₄⁺/L no (EF1) para 5,6 mgN-NH₄⁺/L no (EF2), comprovando um processo eficiente de nitrificação e obedecendo a Resolução Conama 357.

As concentrações médias de nitrato foram de 28 mgNO₃⁻/L no (EF1) e 35 mgNO₃⁻/L, apresentando um desempenho satisfatório devido às bactérias nitrificantes na camada do leito de areia dos filtros e que se multiplicaram rápido a partir da entrada do (ETS). O aumento da concentração de nitrato devido o aumento ou diminuição do PH, que reduz a velocidade de nitrificação em 50%, pode impossibilitar o lançamento em corpos aquáticos, mas não prejudica no reuso hidropônico. (Luna Et Al, 2013).

5 CONCLUSÕES

Ao término deste estudo, além do aprendizado adquirido, chegou-se a algumas conclusões importantes e relevantes ao ponto de vista do reuso:

- A segurança hídrica para fins agrícolas é alcançada tanto por meio de práticas corretas de armazenamento da água, quanto por técnicas de reaproveitamento, sendo esta última de grande importância nos dias atuais, tendo em mente que a maior demanda de água no planeta é na produção de alimentos e plantas medicinais.
- É possível desenvolver sistemas de reuso em pequenas comunidades e na agricultura familiar, desde que haja comprometimento das autoridades competentes, em conjunto com bons profissionais.
- O sistema proposto apresenta simplicidade na construção e operação, diferente de outros, o que justifica a afirmação anterior.
- É possível desenvolver um sistema de cooperativas advindo do sucesso no cultivo hidropônico, o que geraria renda para as comunidades carentes do semiárido nordestino.
- Todos os resultados empíricos apresentados neste estudo alcançaram valores satisfatórios com relação aos nutrientes e à remoção de patógenos, o que justifica e estimula ainda mais a implementação da técnica.
- As condições climáticas do semiárido brasileiro favorecem consideravelmente o sistema proposto, tendo em vista a velocidade de degradação e da remoção das matérias orgânicas estudadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, B. S.; SOUSA, M. L.; OLIVEIRA, A. J.; NETO, G. M. B. **Meio Ambiente, Economia e Desenvolvimento Sustentável**. In: Manejo ecológico de bacias hidrográficas no semiárido brasileiro. Campina Grande: Epigraf, 2012.
- ALBERONI, R. B. **Hidroponia**. Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – Alface, Rabanete, Rúcula, Almeirão, Chicória, Agrião. São Paulo: Nobel, 1998.
- ALMEIDA, R. G. **Aspectos legais para a água de reuso**. Campos dos Goytacazes/RJ: VÉRTICES, 2011.
- ANDERSON, D. L.; SIEGRIST, R. L.; OTIS, R. J. Technology assessment of intermittent sand filters. Municipal Environ. **Res. Lab.** Cincinnati, OH: USEPA, 1985.
- ANDRADE NETO, C. O.; ALEM SOBRINHO, P.; SOUZA MELO, H. N.; AISSE, M. M. Decanto-digestores: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229** - Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969** - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia**. Alface: Uma História de Sucesso. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia “Alface e Cia”, [S.l.]: 1997.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I; CORNEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BUENO, A. F. **Nitrificação e Desnitrificação Simultânea em Reator com Biomassa e Suspensão e Fluxo Contínuo de Esgoto**. Usp. São Paulo, 2011.
- BRASIL – Presidência da Republica, Casa Civil. **Lei Nº 5.764** – In: Leis, 1971. Disponível em:< <http://www.planalto.gov.br> r> acesso em: 28 de Abril de 2014.
- BRASIL – Presidência da Republica, Casa Civil. **Lei Nº 10.406** – In: Leis, 2002. Disponível em:< <http://www.planalto.gov.br> > acesso em: 28 de Abril de 2014.
- BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 357** – In: Resoluções, 2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br> > acesso em: 13 de Abril de 2014.
- BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução Nº. 54** – In: Resoluções, 2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br>> acesso em: 13 de Abril de 2014.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução Nº 430 – In: Resoluções, 2011. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br>> acesso em: 13 de Abril de 2014.

BRASIL - Ministério da Saúde MS. **Portaria nº 36** – In: Portarias, 1990. Disponível em:< <http://www.saude.gov.br>> acesso em: 13 de Abril de 2014.

BRASIL - Ministério da Saúde MS. **Portaria nº 518** – In: Portarias, 2004. Disponível em:< <http://www.saude.gov.br>> acesso em: 13 de Abril de 2014.

CALAWAY, W.T. Intermittent Sand Filters and Their Biology. **Sewage Works**, 29, 1.1957.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. **Cultivo sem solo** – hidroponia. 2ª ed. Jaboticabal: Funesp, 1995.

CHERNICHARO, C. A. L, **Reatores anaeróbicos**: Princípios do Trat. Biol. de águas resid. V. 5, 2ª. Ed, Minas Gerais: Editora UFMG, 2007.

CORAUCCI FILHO, B. **Partida em um sistema de pós tratamento de efluente de lagoa anaeróbia através do método do escoamento superficial**. XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – Londrina, Paraná. Anais, 2001.

CRITES, R.; TCHOBANOGLIOUS, G.; **Small and Decentralized Wastewater Management Systems**. New York: The McGraw-Hill, 1998.

CUNHA, V. D. **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reuso urbano**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade São Paulo, 2008.

ESCALERA, O.A.N. **Reúso direto das águas residuárias municipais tratadas: uma forma de conservação de água e disposição final**. Campinas/SP: Universidade Estadual de Campinas, 1995.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3ª Ed. Brasília/DF: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

FURLANI, P. R., SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIM, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999.

HARTMAN, C. M.; ANDREOLI, C.V.; EDWIGES, T.; LUPATINI, G.; NETO, C.O.A. **Definições, histórico e estimativas de geração de lodo séptico no Brasil**. In: Lodo de fossa séptica: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HESPANHOL, I.; PROST, A. M. **WHO guidelines and national standarts for reuse and water quality**. Water Research, vol.28, nº. 4. 1994.

HUECK, K. **As Florestas da América do Sul**. São Paulo: UNB / Editora Polígono, 1972.

IBGE 2010. Levantamento de dados gerais. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 10 de maio de 2014.

INSA. Levantamento de dados gerais. Disponível em: www.insa.gov.br. Acesso em 10 de maio de 2014.

JEWELL, W.; SEABROOK, B.; **A History of Land Application as a Treatment Alternative**. Washington: United States Environment Protection Agency – USEPA, 1979.

LEITTINGA, G.; HULSHOF POL, L. W. & ZEEMAN, G.; **Biological Wastewater Treatment**. Part I: Anaerobic Wastewater Treatment. Lecture Notes. Wageningen Agricultural University. ed. January 1996.

LUNA, M. L. D.; LIMA, V. L. A.; ALVES, A. S.; PEARSON, H. W. **Pós-tratamento de efluente de tanque séptico utilizando filtros intermitentes de areia operando em condições tropicais**. In: Revista Científica Scientia Plena, V.9, N^o9. 2013.

MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano**. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MALVEZZI, ROBERTO. **Semiárido: Uma Visão Holística**. Brasília: CONFEA, 2007.

MARTINEZ, Hermínia Emília Prieto. **Introdução ao Cultivo Hidropônico de Plantas**. Viçosa/MG, 1997.

MEIO AMBIENTE PRO BR. **Química da Água Subterrânea**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>. Acesso em 15 de maio de 2014.

MELO, H. N. S.; NETO, C. A. O.; JAMRA, R. C. P. A.; KELLER, R.; LAPOLLI, F.R. **Utilização dos Esgotos Tratados em Hidroponia**. . In: Reuso das Águas de Esgoto Sanitário, Inclusive Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento Para Esse Fim. Rio de Janeiro: ABES. 2006.

MENDES, B.V. **Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**. Fortaleza/CE: SEMACE. 1997.

MENDES, B.V. O Semiárido Brasileiro. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2. 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1992.

MENORET, Cédric. **Traitement D'Effluents Concertres par Cultures Sur Gravier ou Pouzzolane**. These (Doctorat) Université de Montpellier II. 2001.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater engineering**. Treatment, disposal and reuse. 3 ed. Nova York: McGraw-Hill, 1991.

MICHELS, C. J. System suited for small communities. **Water Environmental & Technology**. v. 7, n. 8, 1996.

MOTA, Francisco Suetonio Bastos; VON SPERLING, Marcos; (coord.). **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD-OMS. **Guías para la calidad del agua potable**. Genebra: OMS, 1995.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. **O Enquadramento legal específico para o reúso de águas residuárias de ETE frente ao CONAMA 20**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 29. **Anais**...Paraná, 2004.

PETERS, R. W.; ALLEMAN, J. E.; **The History of Fixed Film Wastewater Treatment Systems**. International Conference on Fixed-Film Systems, 1st. Proceedings. King Island, Ohio: 1982.

PIMENTA, M; *et al.* **Desempenho de reatores piloto tipo UASB e híbrido para o tratamento de esgoto doméstico**. In; Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**... Campo Grande/MS: 18 a 23 de Setembro, 2005.

REBOUÇAS, A.C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

RESH , H. M. **Cultivos Hidropônicos**. Madri: Mundi-Prensa, 1987.

SANTOS, H. F. Critério de qualidade da água para reúso. **Revista DAE**, nº. 174, nov. dez. de 1993.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; GRAF, C. C. D; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S. S. **Irrigação de porta – enxertos cítricos com águas salinas**. V. 11. Botucatu/SP: Irriga, 2006.

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia: Uma Alternativa Para Pequenas Áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996.

TEUCHER, H.; LOPES, A S. de (edits.). **Quanto Vale a Caatinga?** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2002.

TONETTI, A. L. **Pós-tratamento de filtro anaeróbio por filtros de areia**. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. UNICAMP, 2004.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; **Design Manual, Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems**. Cincinnati, 1980.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.
Decentralized systems technology fact sheet: septic tank systems for large flow applications. USA, 2000.

FORESTI, E.; FLORÊNCIO, L.; HAANDEL, A. V.; ZAIAT, M.; CAVALCANTI, P. F. F.
Fundamentos do Tratamento Anaérobio. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaérobio e disposição controlada no solo. 1^o edição. Rio de Janeiro: ABES 1999.

VAN HAANDEL, LETTINGA. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos.** Um manual para regiões de clima quente. 1994.

VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS, G. V. R. **O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado:** Teoria e Aplicações para Projetos e Operações. Campina Grande: epigraf, 1999.

VENHUIZEN, David. **High – Performance Biofiltration:** Where Sand Filters Have Gone, 2005. Disponível em: veinhuizen
<www.com/html/papers/hpbf_CD6.html>. Acesso em 02 de junho de 2014.

VILLELA JÚNIOR, Luiz V. E.; ARAÚJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Estudo da utilização do efluente de biodigestor no cultivo hidropônico do meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, 2003. V.7 – N^o 1. P 72-79.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater Wastewater use in agriculture.** Geneva, 2006.