



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**BRUNO DA SILVEIRA CARVALHO**

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO  
DE BIORREMEDIAÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO:  
DISPOSIÇÃO NO SOLO E BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO**

**FORTALEZA**

**2017**

BRUNO DA SILVEIRA CARVALHO

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO  
DE BIORREMEDIAÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO:  
DISPOSIÇÃO NO SOLO E BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos.

FORTALEZA

2017

---

C321i Carvalho, Bruno da Silveira.  
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO DE BIORREMEDIAÇÃO DE ESGOTO  
DOMÉSTICO : DISPOSIÇÃO NO SOLO E BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO / Bruno da Silveira  
Carvalho. – 2017.  
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do  
Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos.

1. Canteiros bio-sépticos. 2. Águas residuais. 3. Saneamento urbano. I. Título.

CDD 333.7

---

BRUNO DA SILVEIRA CARVALHO

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO  
DE BIORREMEDIAÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO:  
DISPOSIÇÃO NO SOLO E BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Matos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcus Vinicius Chagas da Silva  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Me. Camille Arraes Rocha  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À querida mãe, estimado filho e amada esposa.

## **AGRADECIMENTOS**

À manifestação primordial cósmica pelo dom da transformação.

Ao Prof. Dr. Fábio Oliveira Matos por ter acolhido este projeto e pelas excelentes contribuições para a concretização deste momento.

À Profa. Dra. Sandra Tédde Santaella por toda atenção, paciência, incentivo e orientação durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Marcus Vinicius Chagas da Silva e Profa. Me. Camille Arraes Rocha pela disponibilidade, atenção dispensada, colaborações e sugestões valiosas para a evolução deste trabalho.

Ao grande amigo Osvaldo Zarco e família por acreditar neste trabalho e pela confiança em ceder parte do seu terreno para sua execução.

Aos professores do Labomar por toda a troca de conhecimentos, dedicação e paciência na construção de profissionais capacitados.

Aos colegas de curso e de turma pelos ensinamentos e convivência na graduação.

“(...) há praticamente tudo a se fazer na área de tratamento de esgotos.”

(Von Sperling, 1995)

## RESUMO

Os sistemas de tratamento de esgoto doméstico realizados de forma coletiva e centralizada nas cidades, de modo geral, não atendem à demanda de maneira eficiente, pressionando os recursos e alterando o equilíbrio das relações socioambientais. A evolução histórica dessa prática de saneamento revela que pouco mudou com relação à gestão dos dejetos humanos e que técnicas ultrapassadas ainda são regulamentadas e instaladas em locais sem provisão da ação do poder público. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta a integração dois sistemas alternativos individuais e descentralizados de tratamento e disposição final do esgoto doméstico, com base em técnicas não convencionais, como alternativa para mitigar a descarga inadequada de parte das águas servidas em unidade familiar particular na zona urbana. Foram enunciadas as etapas e processos de execução do projeto, como a escolha do local no lote, a escavação, a caracterização do solo, o manejo dos materiais, a concretagem e a operação do sistema; bem como o detalhamento dos módulos construídos e projeções futuras sobre análises da eficiência de tratamento e das técnicas construtivas utilizadas, a fim de viabilizar a instalação em ambiente urbano. Foi detalhada a análise do processo produtivo para cada módulo, além de uma análise simplista do processo construtivo. Foi abordado papel do cientista ambiental no contexto deste projeto e sua importância no desenvolvimento das relações socioambientais. A descentralização dos sistemas de tratamento de esgoto pode contribuir com a elaboração de políticas públicas eficientes e econômicas ao situar o gerador do esgoto como responsável na gestão dos resíduos, uma parte integrante na busca do desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Canteiros biossépticos; Águas residuais; Saneamento urbano.



## ABSTRACT

Domestic sewage treatment systems that are centrally and collectively managed in cities generally do not meet demand efficiently, pressing resources and changing the balance of socio-environmental relations. The historical evolution of this sanitation practice reveals that little has changed regarding the management of human waste and that outdated techniques are still regulated and installed in places without provision from public power. In this context, the present work displays the integration of two individual and decentralized alternative systems of treatment and final disposal of domestic sewage, based on unconventional techniques, as an alternative to mitigate the inadequate discharge of part of the wastewater in a private family unit in the urban area. The stages and processes of project execution were outlined, such as site selection in the lot, excavation, soil characterization, material handling, concreting and operation of the system; as well as the detailing of the built modules and future projections on the analysis of the efficiency of the treatment and of the constructive techniques used, in order to make possible the installation in an urban environment. The analysis of the productive process for each module was detailed, besides a simplistic analysis of the constructive process. The role of the environmental scientist in the context of this project and its importance in the development of social and environmental relations was also discussed. Decentralization of sewage treatment systems can contribute to the development of efficient and economic public policies by placing the sewage generator as a co-manager in waste management, an integral part of the quest for sustainable development.

**Keywords:** Bioseptic beds; Wastewater; Urban sanitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Escravo sob a alcinha de Tigre .....	20
Figura 2	– Corte em perspectiva de bacia de evapotranspiração .....	31
Figura 3	– Mapa de Localização .....	37
Figura 4	– Disposição do sistema no lote .....	38
Figura 5	– Marcação e escavação da área .....	42
Figura 6	– Perfis de solo .....	42
Figura 7	– Planta dos canteiros .....	43
Figura 8	– Corte dos canteiros .....	44
Figura 9	– Planta da B.E.T. ....	45
Figura 10	– Laje de bambu-cimento .....	46
Figura 11	– Laje de ferrocimento .....	47
Figura 12	– Fixação dos colmos na laje .....	47
Figura 13	– Alvenarias de Bambu-cimento .....	48
Figura 14	– Alvenarias de ferrocimento .....	49
Figura 15	– Planta e corte desníveis 01 e 02 .....	50
Figura 16	– Planta e corte desníveis 03 e 04 .....	50
Figura 17	– Meio filtrante dos canteiros .....	51
Figura 18	– Meio filtrante da B.E.T. ....	52
Figura 19	– Fossa de pneus .....	53
Figura 20	– Alocação e fixação dos pneus .....	53
Figura 21	– Tampa séptica de pneu .....	54
Figura 22	– Desvio da caixa de passagem para o sistema .....	55
Figura 23	– Duto de coleta .....	55
Figura 24	– Duto de inspeção e esgotamento .....	55
Figura 25	– Planta cx. distrib. ....	56
Figura 26	– Corte cx. distrib .....	56
Figura 27	– Planta do sistema integrado .....	57
Figura 28	– Sistema de bacia de evapotranspiração .....	57
Figura 29	– Sistema de disposição no solo .....	58
Figura 30	– Integração dos sistemas .....	58
Figura 31	– Canteiros de bambu-cimento .....	59

Figura 32 – Canteiro de ferrocimento .....	60
Figura 33 – Bacia de evapotranspiração .....	60
Figura 34 – Perspectiva dos tanques instalados no sistema .....	61
Figura 35 – Caixa de distribuição .....	62
Figura 36 – Sistema integrado concluído .....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Crescimento demográfico no século XVIII .....	21
Quadro 2 – Sistemas de tratamento de esgoto doméstico .....	27
Quadro 3 – Sistemas de infiltração subsuperficial .....	30
Quadro 4 – Instrumentos jurídicos federais .....	33
Quadro 5 – Instrumentos jurídicos estaduais .....	34
Quadro 6 – Instrumento jurídico municipal .....	35
Quadro 7 – Orçamento para execução do projeto .....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BET	Bacia de evapotranspiração
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH-b	Índice de Desenvolvimento Humano Básico
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
Sigerh	Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico
SUS	Sistema Único de Saúde
TEvap	Tanque de evapotranspiração
TS	Tanque Séptico

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
<b>2.1</b>	<b>O saneamento básico e a urbanização ocidental</b> .....	17
<b>2.2</b>	<b>O saneamento básico e a urbanização no Brasil</b> .....	19
<b>2.3</b>	<b>O saneamento básico e urbanização no estado do Ceará</b> .....	23
<b>2.4</b>	<b>Caracterização do esgoto doméstico</b> .....	26
<b>2.5</b>	<b>Sistemas individuais de tratamento de esgoto doméstico</b> .....	28
<b>2.5.1</b>	<i>Tratamento por disposição no solo</i> .....	29
<b>2.5.2</b>	<i>Bacia de Evapotranspiração</i> .....	31
<b>2.6</b>	<b>Saneamento ecológico e Permacultura</b> .....	32
<b>2.7</b>	<b>Legislação pertinente ao saneamento básico no Brasil</b> .....	33
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	36
<b>3.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	36
<b>3.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	36
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	37
<b>4.1</b>	<b>Bambu-cimento</b> .....	39
<b>4.2</b>	<b>Ferrocimento</b> .....	39
<b>4.3</b>	<b>Fossa séptica de pneus</b> .....	40
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DE ALTERNATIVAS ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS SANITÁRIOS</b> .....	41
<b>5.1</b>	<b>Marcação da área e escavação</b> .....	41
<b>5.2</b>	<b>Caracterização e tipos de uso do solo</b> .....	41
<b>5.3</b>	<b>Canteiros de filtração</b> .....	43
<b>5.4</b>	<b>Bacia de evapotranspiração</b> .....	44
<b>5.5</b>	<b>Concretagem e cimentação</b> .....	45
<b>5.5.1</b>	<i>Lajes</i> .....	45
<b>5.5.1.1</b>	<i>Bambu-cimento</i> .....	46
<b>5.5.1.2</b>	<i>Ferrocimento</i> .....	46
<b>5.5.2</b>	<i>Alvenarias</i> .....	47
<b>5.5.2.1</b>	<i>Bambu-cimento</i> .....	47
<b>5.5.2.2</b>	<i>Ferrocimento</i> .....	48

5.5.3	<i>Desníveis</i> .....	49
5.6	<b>Composição e disposição do meio filtrante</b> .....	50
5.7	<b>Tanques sépticos de pneus</b> .....	52
5.8	<b>Tubulação</b> .....	54
5.9	<b>Caixa de distribuição</b> .....	56
5.10	<b>Operação do sistema</b> .....	57
6	<b>Análise do processo produtivo</b> .....	59
6.1	<b>Bambu-cimento</b> .....	59
6.2	<b>Ferrocimento</b> .....	60
6.3	<b>Tanques sépticos de pneus</b> .....	61
6.4	<b>Caixa de distribuição</b> .....	61
6.5	<b>Sistema integrado de tratamento de esgoto</b> .....	62
6.6	<b>Processo construtivo</b> .....	63
6.7	<b>O contexto do cientista ambiental</b> .....	64
6.8	<b>Orçamento</b> .....	65
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	67
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	68



## 1 INTRODUÇÃO

As formas de uso e ocupação do solo no processo de desenvolvimento e expansão das cidades, concomitantes com fatores como a globalização, o crescimento demográfico e a gestão deficiente do espaço urbano, projetaram ambientes muitas vezes sem condições básicas em infraestrutura para atender toda a população de maneira equitativa, intervindo nas relações socioambientais (RIBEIRO; VARGAS, 2015).

A concentração populacional urbana mundial teve um aumento de 15% entre 1990 e 2015, enquanto as áreas construídas cresceram em maior proporção, com estimativas de triplicar até 2030, ao passo que o crescimento demográfico tende a duplicar (UNHABITAT, 2016). Essa demanda espacial poderia ser suprida, já que metade da população ocupa apenas 1% do território global (GALKA, 2016).

Contudo, sob a perspectiva de um ambiente hígido, a grande concentração humana em pequenas áreas resulta na sobrepopulação e ocupação desordenada e não planejada das urbes, que, aliadas à falta de interesses no desenvolvimento de políticas públicas e planejamento urbano, contribuem para a vulnerabilidade da qualidade de vida da população e consequentes impactos socioambientais negativos (SOARES *et al.*, 2014).

Foram, possivelmente, o crescimento dos volumes de esgotos a serem tratados e a valorização das terras próximas aos centros urbanos em processo de rápida expansão, juntamente com alguns insucessos provocados pelo descaso com a operação e manutenção de sistemas de tratamento por disposição no solo, que justificaram a procura de outros processos de tratamento mais compactos, implantáveis em áreas menores (PAGANINI, 1997 p. 19).

O saneamento consiste em ações, obras e serviços que incluem o provimento, distribuição, drenagem, tratamento e disposição dos resíduos urbanos e domiciliares (BENTO, 2011). Historicamente, a partir de raciocínio crítico sobre as evidências científicas da relação entre higidez ambiental e doenças infectocontagiosas na Idade Moderna, foi possível desenvolver técnicas sanitárias como “a drenagem das águas pluviais, esgotamentos ou aterramentos de mangues, além de terraplenagens, relocação e construção de matadouros e cemitérios, arborização e melhorias na limpeza pública.” (MURTHA; CASTRO; HELLER, 2015 p.201).

Os resíduos orgânicos foram, durante milhares de anos, os componentes elementares dos agrupamentos humanos. A partir dos processos industriais, os compostos sintéticos agregaram complexidade nas formas de despejo e tratamento de águas servidas (DIAS; ROSSO; GIORDANO, 2012). Isso se deve ao fato desses componentes modificarem

as características dos esgotos e, por serem de difícil decomposição, esporadicamente são tratados e removidos por sistemas convencionais (LOPES, 2015).

Estes são operados de forma centralizada nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), coletiva e/ou individualmente, com disposição final nos corpos hídricos, acarretando riscos ambientais e de saúde pública (GABIALTI, 2009). A descentralização do tratamento permite que cada esgoto seja tratado individualmente, de acordo com suas especificidades e direto na fonte emissora, atribuindo valores técnicos, econômicos, sanitários e estéticos aos sistemas implantados (PAULO; BERNARDES, 2017). Os sistemas coletivos estão relacionados à gestão de grandes aglomerados, como as cidades brasileiras e os individuais a unidades unifamiliares e pequenas comunidades (BRASIL, 2006).

Os serviços públicos de saneamento nas urbes brasileiras não acompanham o crescimento demográfico e citadino, tendo como basilar o índice de coleta de esgoto em 2015 de 49,7% e de 83,3% em abastecimento de água tratada (BRASIL, 2017). Esse quadro mostra como o Brasil é displicente com as questões sanitárias desde sua colonização e como as ações em políticas públicas nesse setor ainda são precárias e dependentes de investimentos estatais centralizados, geridos por interesses ímprobos, o que dificulta o cumprimento de metas, como a universalização do saneamento, prevista para ser cumprida até 2030 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Seguindo o modelo econômico de crescimento baseado na industrialização pela urbanização, os municípios cearenses não conseguem atender a demanda local por serviços públicos de maneira eficiente, já que a sobrepopulação fomenta a ocupação periférica das urbes e marginaliza a assistência nessas regiões, tendo em vista o menor ritmo de crescimento dos instrumentos públicos em relação ao demográfico (BARRETO; MENEZES, 2014). Na capital Fortaleza, esses serviços continuam centralizados no entorno do bairro Centro com expansão à leste, evidenciando alguns hiatos, principalmente em bairros mais distantes, formados por conjuntos habitacionais (BENTO, 2011).

Na busca de soluções sustentáveis para os efluentes residuais, muitos países vêm implantando sistemas individuais alternativos de tratamento baseados em canteiros cultivados, a fim de diminuir a carga dos sistemas coletivos e os impactos ambientais causados pela disposição direta nos corpos d'água (GALBIATI, 2009). Em locais de escassez hídrica, os sistemas de disposição de esgoto no solo são alternativas eficazes de depuração do esgoto doméstico e, por terem baixo custo de operação e manejo, se torna viável e aplicável em diversos locais do mundo (VON SPELING, 1996 & SANTAELLA *et al.*, 2004). Técnicas construtivas com materiais ecológicos, como o bambu, e econômicos, como o ferro, também

vêm ganhando novos conceitos e destaque mundial em projetos industriais e da construção civil de grandes cidades, incluindo as residências unifamiliares, tendo em vista a versatilidade, autonomia no manejo e as relações ecológicas com o meio ambiente (BRASIL, 2008 & DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Assim, o manejo sustentável em práticas ecológicas de saneamento, proposto em estudos recentes que envolvem a permacultura ambiental, surge como alternativa viável de mitigar as externalidades socioambientais derivadas dos precários serviços de tratamento de esgoto doméstico regulamentados nas urbes e periurbes.

Este trabalho teve como propósito apresentar uma solução de melhoria das condições de saneamento em unidade particular não atendida pela rede municipal de coleta de esgoto na cidade de Fortaleza – CE, a partir da implantação de um sistema integrado de tratamento por disposição no solo e bacia de evapotranspiração, diminuindo a carga de esgoto despejada em uma fossa-sumidouro local.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a elaboração da presente investigação, partiu-se da leitura teórica de alguns assuntos, como o processo de construção científica dos estudos sobre saneamento básico, tanto de modo geral quanto local. Também se buscou investigações na literatura especializada sobre esgotamento doméstico e sistemas de tratamento. Essa investigação introdutória, que forneceu suporte teórico para a pesquisa, encontra-se sintetizada no presente capítulo.

### 2.1 O saneamento básico e a urbanização ocidental

Para Santaella *et al.* (2014 p. 13), “[...] os primeiros acúmulos de materiais residuais originados de atividades humanas surgiram quando o Homem deixou de ser nômade e passou a se fixar em determinados locais.”. Esse período (10.000 a 4.000 a.C.) está relacionado com o estabelecimento do humano em ambientes artificiais fora das cavernas, agrupados em pequenos vilarejos e aldeias; e à domesticação agropecuária. A população cresceu e passou a adotar hábitos sedentários, aproveitando a abundância de recursos à sua volta, originando os primeiros núcleos urbanos (MAZOYER; ROUDART, 2010 & ALBACH; RAZERA; ALVES, 2016).

Os primeiros registros de sistemas sanitários estão relacionados às civilizações do período Antigo, como os sumérios, mesopotâmios, egípcios e gregos, os quais desenvolveram alguns dos sistemas mais avançados de saneamento (MARRIOTT, 2015), cujos conhecimento e técnica influenciaram toda a engenharia do império romano, ao passo que entraram em declínio durante a Idade Média, devido à restrição ao conhecimento pelo clero, o que fez com que a população voltasse a adotar hábitos precários de higiene e autogestão sanitária (PITERMAN; GRECO, 2005). A Idade Média foi um período marcado pela descentralização do poder político, que enfraqueceu as relações interurbanas, desaparecendo em alguns casos, como a higiene sanitária (OREIRA, 2015).

O intercâmbio cultural advindo das grandes navegações possibilitou novas formas de consumo e valores econômicos na Idade Moderna. Entretanto, mesmo com o avanço científico e tecnológico, o homem julgava os recursos naturais como ilimitados e não se preocupava com a capacidade de suporte da natureza, criando inchaços urbanos relacionados com a insalubridade ambiental (ALBACH; RAZERA; ALVES, 2016).

De acordo com Ribeiro e Rooke (2010, p. 05),

Como as áreas industriais cresciam rapidamente, os serviços de saneamento básico, como suprimento de água e limpeza de ruas não acompanhavam esta expansão e,

como consequência, o período foi marcado por graves epidemias, como a Cólera e a Febre Tifóide, transmitidas por água contaminada e que fizeram milhares de vítimas, assim como a Peste Negra, transmitida pela pulga do rato, animal atraído pela sujeira.

Em decorrência da revolução industrial inglesa e consequente êxodo rural, o estado hígido da população, principalmente da classe operária, passou a ter valor político, econômico e social. Enquanto as epidemias sanitárias convergiam para uma grave crise de saúde pública com altas taxas de mortalidade, os parlamentares londrinos homologavam o Ato da Reforma de 1832, documento que marcou o início da reforma sanitária urbana e uma mudança de paradigma na vida social britânica (KANIKADAN; MARQUES, 2013).

Posteriormente, em 1848, foi aprovada a primeira lei de saúde pública, a *Public Health Act*, que serviu como base para regulamentações sobre as formas de uso, ocupação e zoneamento do solo (ABIKO; ALMEIDA; BARREIROS, 1995). Ainda segundo os autores, “Os regulamentos urbanísticos atualmente existentes, as leis de zoneamento, uso e ocupação do solo e os códigos de edificações, tem como origem esta preocupação sanitária de se criar um ambiente salubre e adequado.” (ABIKO; ALMEIDA; BARREIROS, 1995 p.36). A medicina europeia, influenciada pela evolução filosófica e científica da Idade Moderna, sofreu grandes transmutações e em 1851, os médicos europeus entraram em um consenso sobre medidas preventivas de saneamento para controle das doenças infectocontagiosas, as quais serviram como base para a medicina moderna (MONTESUMA *et al.*, 2006).

O início do século XX foi marcado pelo crescimento e separação dos serviços de redes de esgoto e distribuição de água encanada, bem como de indústrias de higiene pessoal, como sabão e papel higiênico, inferindo na mudança de hábitos sanitários na população mundial, que passava a relacionar a água suja como vetores de doenças, priorizando a água limpa para atender suas necessidades sanitárias (MIRANDA, 2014). Esse período foi marcado pela abertura de fronteiras comerciais, a chamada globalização, que intensificou os processos de ocupação desordenada solo, o aumento do consumo e consequente degradação ambiental, cujas externalidades interferem nas relações socioambientais de formas diferentes, a depender das especificidades de cada local (RIBEIRO; VARGAS, 2015).

A partir da década de 1970, Conferências mundiais sobre os recursos hídricos vêm levantando questionamentos, dados e apontando metas para as formas de uso da água, que incluem os serviços de saneamento básico (BRASIL, 2017). Em todo o mundo, 82% da população citadina têm acesso a sistemas adequados de saneamento, todavia, apenas 30% são atendidas de forma adequada, o que demonstra a centralização das ações e a vulnerabilidade em que a maior porção humana se encontra (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

## 2.2 O saneamento básico e a urbanização no Brasil

A ocupação humana pré-colonial na Amazônia data de 12.000 a.C., a partir de grupos essencialmente caçadores-coletores, cuja dinâmica espacial variava de acordo com as mudanças climáticas e as formas de arranjo social. A cerca de 2.000 a.C. houve uma mudança brusca nos padrões de uso e ocupação do solo, baseados em práticas de agricultura, o que inferiu diretamente na área, densidade e continuidade dos sítios arqueológicos (NEVES, 2006).

Para Santos e Coimbra Junior (1994), as práticas sanitárias nas aldeias eram precárias e os nativos já conviviam com doenças infectocontagiosas relacionadas à falta de saneamento no período pré-colonial, apesar de pouco transmissivas e de caráter endêmico.

Com a chegada dos europeus no século XVI surgiram os assentamentos que, em detrimento das aldeias naturais, formaram os primeiros núcleos urbanos. Os imigrantes estabelecidos utilizavam os recursos abundantes à sua volta para abastecimento de água e despejo de dejetos. O tráfico negreiro instituiu os primeiros agentes sanitários, os chamados tigrés, escravos encarregados pelo abastecimento de água e pela disposição final dos resíduos das casas-grandes (PITERMAN; GRECO, 2005).

Conquanto, a maior parte da população não tinha escravos e tampouco recursos para pagar os serviços dos tigrés (Figura 1) e acabavam por despejar os dejetos próximos às residências, ficando vulneráveis às doenças,

No Brasil, nos séculos XVI, XVII e meados do XVIII, a presença do poder público nas questões de esgotamento sanitário limitou-se a tentativas malfadadas de normalizações e controle das práticas individuais de afastamento dos resíduos gerados. Inicialmente, a coleta e transporte dos dejetos humanos eram feitos de forma estática, por carregadores braçais. O transporte do esgoto doméstico se deu utilizando-se inicialmente as águas pluviais e posteriormente a água do abastecimento das residências (DIAS; ROSSO; GIORDANO, 2012, p. 30).

Ainda segundo Dias, Rosso e Giordano (2012), os sistemas de saneamento nas colônias eram prioritariamente individuais, com o uso de sumidouros e fossas negras. Os primeiros sistemas de aporte coletivo de esgoto foram as *valas*, córregos naturais ou artificiais que transportavam os dejetos humanos e de animais para alagadiços, manguezais, rios e praias.

Figura 1 – Escravo sob a alcunha de Tigre.



Fonte: Dias, Rosso e Giordano (2012, p.35).

O crescimento demográfico e citadino foi modesto durante o período colonial, com poucas urbes e muitos assentamentos projetados de forma espontânea e irregular. Esse quadro mudou ao longo do tempo e, ao final do século XVII, as cidades já possuíam primazia geométrica na ordenação urbana e cerca do dobro de habitantes nas maiores cidades (SCHÜRMAN, 1999). É aí que inicia a administração pública em saneamento no país. “Na cidade do Rio de Janeiro a ação mais proeminente foi a canalização das águas do rio Carioca para abastecimento da cidade, uma das mais importantes obras do Brasil Colônia, o Aqueduto da Carioca e chafarizes.” (MURTHA; CASTRO, HELLER, 2015, p.196).

Com o início das atividades mineradoras, a expansão urbana migrou para o interior, com fins de consolidar e organizar uma rede de urbes e aldeias para, assim, garantir direitos administrativos sobre as riquezas locais (SOUZA, 2013). Esse fato propiciou a descentralização do crescimento demográfico – antes focado nas capitâneas litorâneas nordestinas – e consequente dilatação populacional em cidades com emergente potencial econômico, como mostra o Quadro 1 (COUTO, 2003).

Quadro 1 – Crescimento demográfico no século XVIII.

CIDADE	ANO	HABITANTES	ANO	HABITANTES
<b>Salvador</b>	1757	35.922	1775	36.393
<b>Rio de Janeiro</b>	1760	30.000	1780	38.707
<b>São Paulo</b>	1765	20.873	1798	21.304
<b>Recife</b>	1750	7.000	1776	18.207
<b>Belém</b>	1749	6.574	1788	10.620

Fonte: Adaptado de Couto (2003, p.54).

Nesse mesmo período, os boiadeiros nordestinos, expulsos das capitâneas litorâneas pelo desenvolvimento açucareiro, também migraram para o interior com o propósito de chegar ao Maranhão, dando início à ocupação e exploração dos sertões (ANAIS DO MUSEU PAULISTA, 2012).

Surgia, de fato, uma nova experiência civilizacional profundamente distinta da nordestina. A riqueza nova perdurou por muitas décadas e marcou definitivamente a extensão geográfica do Brasil rumo a oeste, além de ter definido povoados e caminhos que viriam dar o sustentáculo ao mercado interno de longa distância. Em poucas décadas emergiu uma urbanização de magnitude desconhecida até então na Colônia (MATOS, 2011, p.47).

Nesse período, os serviços de provisão e partilha da água eram delegados estritamente aos núcleos urbanos; todavia de maneira precária e seletiva, desprovendo a parcela indigente da população, devido a fatores como a distância das moradias às fontes de abastecimento e a comercialização do recurso por parte da iniciativa privada; além dos limites territoriais não serem bem definidos (PITERMAN; GRECO, 2005). A administração pública dos colonos, até meados do século XVIII, não se preocupou em organizar o espaço público, tratando dos problemas ao invés de preveni-los. Essa perspectiva mudou no final do século, quando o poder colonial objetivou recuperar a saúde de seus habitantes (BRASIL, 1989).

O século XIX foi marcado pela consolidação, modernização das urbes e iniciativas sanitárias provindas dos interesses político-econômicos do império – estabelecido com a chegada da corte portuguesa ao Brasil – com as tendências modernas que eclodiram na Europa, principalmente sob influência da Inglaterra, devido à aliança comercial. Foram criados órgãos públicos e diretrizes urbanas, como a limpeza das vias públicas e as reformas arquitetônicas, a fim de melhorar a salubridade urbana e agregar valor estético às cidades (SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 2013).



Antagonicamente, nesse período, “[...] o país foi assolado por recorrentes epidemias [...]” e a relação das doenças infectocontagiosas com vetores sanitários como os manguezais e alagadiços ficaram evidentes. “Os modelos explicativos sobre o processo saúde-doença [...]” provindos da medicalização europeia foram o basilar para o melhoramento do planejamento urbano no Brasil (MURTHA; CASTRO; HELLER, 2015, p. 201).

De acordo com Costa (2013 p. 66),

Assim como na Europa, o discurso médico higienista vai interferir na ordem urbana brasileira, sendo as influências mais marcantes no Rio de Janeiro, que se reestrutura com a chegada da família real portuguesa, em 1808. D. João VI criou as Escolas Cirúrgicas do Império (Rio de Janeiro) e de Salvador (Bahia), contribuindo para reprodução do saber médico e uma política de saúde nos moldes europeus. Normas e leis foram elaboradas, visando prevenir a disseminação de epidemias e disciplinar as cidades, considerados os espaços mais doentios. Nesta luta, engajam-se não apenas os médicos, mas também engenheiros, arquitetos, administradores e outros profissionais em todas as províncias brasileiras.

As primeiras décadas do século XX foram marcadas por um forte movimento migratório interno associado aos ciclos econômicos da época, como a crise da borracha e o crescimento de atividades como o comércio e serviços, que fizeram com que a população migrasse da região amazônica para o Centro-sul e capitais, evidenciando uma mudança no paradigma socioeconômico essencialmente agrário, até então, para um perfil urbano industrializado (URBANIZAÇÃO..., 2017).

As desigualdades entre o dinamismo dos centros urbanos e as regiões menos privilegiadas favoreceram o processo migratório para as urbes, principalmente nas regiões sul e sudeste, o que resultou num forte adensamento populacional citadino e consequentes impactos socioambientais negativos, já que a infraestrutura e a disponibilidade de recursos não acompanharam a desordenada e intensa ocupação e dilatação urbana (RIBEIRO. VARGAS, 2015). Um desses impactos foi o processo de favelização, intensificado a partir de meados do século XX, onde as condições de vida e saúde são precárias (WESTPHAL; OLIVEIRA, 2015). A urbanização se intensificou devido a atividade industrial, o que mudou o perfil socioeconômico da população e, no final do século, a urbanização já chegara em todo o território nacional (URBANIZAÇÃO..., 2017).

No ano de 2007 foi sancionado o marco regulatório do saneamento no Brasil, instituído pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico políticas aplicadas nesse setor. Dentre outras diretivas, a universalização do acesso e a integração dos serviços sanitários são princípios que norteiam as atribuições delegadas aos instrumentos de ação, como o Plano Nacional de Saneamento Básico

(PNSB), como integrar os agentes sanitários em serviços de, “[...] limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes de drenagem, além de outras ações de saneamento básico de interesse para a melhoria da salubridade ambiental, incluindo o provimento de banheiros e unidades hidrossanitárias para populações de baixa renda.” (BRASIL, 2007).

Atualmente, os serviços de esgotamento sanitário melhoraram em regiões urbanas e periurbanas, principalmente nas capitais, mas de maneira pouco significativa na maior parte das regiões do país, demonstrando uma desigualdade assistencial significativa (MIRANDA, 2014). O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (2015), elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mostrou que 83,3% da população é atendida pela rede de abastecimento de água, 50,3% possui coleta de esgoto e destes, 42,7% são tratados (BRASIL, 2017).

O Brasil assumiu o compromisso no programa “Objetos do Desenvolvimento Sustentável” de prover o acesso aos serviços de saneamento básico à toda população até 2030. Contudo, essa meta é ousada e segue na contramão dos interesses da gestão pública vigente, dependendo, então, de instrumentos econômicos e de futuras governanças (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

### **2.3 O saneamento básico e urbanização no estado do Ceará**

A ocupação do território alencarino – do ponto de vista econômico – se deu a partir do levante dos boiadeiros pernambucanos e baianos para o interior do país no início do século XVIII, devido ao estabelecimento da economia açucareira no litoral. A expansão territorial, o surgimento das cidades e a miscigenação entre nativos – em sua maioria índios – e colonos se deu a partir do desenvolvimento das atividades de pecuária extensiva, principal economia da época, que transformou o Ceará na “Civilização do Couro” (HISTÓRIA..., 2017 e ANAIS DO MUSEU PAULISTA, 2012).

As vilas cearenses cresciam, nos anos setecentistas, marginalizadas e com pouco investimento técnico em relação aos interesses econômicos e geopolíticos da coroa, já que a atividade pecuarista era pouco produtiva e rentável. Esse quadro passou a mudar no decorrer do século, quando o império iniciou uma campanha de melhoria das urbes nos moldes europeus (JUCÁ NETO, 2007). O autor complementa,

Para garantir a sua hegemonia na área ocupada, no decorrer do século XVIII, a Coroa portuguesa investiu tecnologicamente em seu espaço sul-americano, com o envio de engenheiros para a construção de fortalezas, instalação de algumas vilas criadas e a

implantação de traçados regulares nas que se localizavam em zonas estratégicas para a ocupação do território, além da elaboração de uma cartografia que cobrisse, com um maior número de informações possíveis, a totalidade territorial da América Portuguesa. Ambas as ações concorreram para o fortalecimento da centralização administrativa e para definitiva posse dos territórios conquistados (JUCÁ NETO, 2007, p.118).

O crescimento demográfico e urbano se consolidou no século XIX, principalmente na capital Fortaleza, devido um grande período de estiagem que levou os aglomerados rurais a buscar refúgio perto dos órgãos assistenciais, além da busca por melhores condições de vida com o estabelecimento da economia algodoeira; o que resultou num inchaço citadino e pressão sobre os recursos, situação agravada pela falta de infraestrutura e hábitos de higiene precários, e consequentes efeitos colaterais, como a fome, miséria e violência (COSTA, 2008).

A população de Fortaleza continuou se estabelecendo ao longo dos séculos XIX e até a metade do século XX, em sua grande maioria na porção oeste da cidade, por ser receptáculo de migrações, oriundas do interior e intensificada em anos de seca, por falta de políticas públicas efetivas para a população do campo. Também, um fator do adensamento urbano de Fortaleza foi à falta de planejamento estadual, que proporcionasse a dinamização de outros centros urbanos no interior do estado (ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFOS, 2010, p.01).

Grandes epidemias relacionadas à sobrepopulação e falta de saneamento assolaram os alencarinos em meados do século XIX, mesmo período em que os sistemas de melhoria urbana e sanitária passaram a se desenvolver no estado, com a implantação de uma malha urbana moderna com traçado xadrez, a canalização das águas do Sítio Benfica em 1867 – primeiro sistema de abastecimento de água de Fortaleza – e medidas higienistas, como a transposição do cemitério à oeste da urbe, devido a direção dos ventos (MONTESUMA *et al.*, 2006). Assim, “as questões referentes à salubridade começam a tomar corpo nos discursos, requisitando, promovendo e legitimando uma série de intervenções urbanas que tinham como justificativa o cuidado com a saúde pública.” (BARROS, 2011, p.13).

Os planos urbanísticos (planos diretores, leis de uso e ocupação do solo, códigos de obras e posturas...), como os de Silva Paulet (1818) e Adolfo Herbster (1875), dentre outros, preocupavam-se com a funcionalidade do desenho urbano (ordenamento urbano: padronização, higienismo etc.). A criação de normas de conduta moral também se intensificava na cidade, que se transformava sócio-cultural e politicamente à medida que crescia demográfica-espacial e economicamente (acompanhando as tendências “liberais” do Ocidente) (FUCK JÚNIOR, 2004, p.149).

Até meados do século XX, Fortaleza registrou um forte adensamento populacional espontâneo e desordenado, expandindo a ocupação do solo para regiões periféricas, o que aumentou a demanda por intervenções do Estado; porém, devido os serviços implantados não

acompanharem equitativamente o crescimento citadino, novos espaços com precárias condições de infraestrutura foram criados (SILVA, 1992; BENTO, 2011).

Os sistemas de provisão e partilha de água na capital eram feitos através de poços e cacimbas até 1954, ano de implantação do sistema de abastecimento de água atual, o qual atendia 13% da demanda citadina. Com relação às águas residuais, o primeiro sistema de tratamento de esgoto da cidade foi projetado em 1911 e inaugurado em 1927, cuja disposição final dos efluentes era feita direta, sem qualquer tratamento, no ambiente marinho e só atendia a demanda do que hoje é o centro (SOUZA, 2002).

Em 1956, foi construído em Fortaleza um emissário de esgoto, de 600 metros, e uma estação elevatória, próximo ao centro da cidade, no Passeio Público. Em 1966, a cidade de Fortaleza tinha somente 39 km de rede de esgoto que atendia 5.586 ligações, ou seja, 5,7% do total de edificações. Em 1971, a rede era de 53km e atendia somente a 8,0% da população. A cidade já contava com 800 mil habitantes, sendo marcante a insuficiência dos serviços de saneamento (SOUZA, 2002, p.46).

Na década de 1970 foi criada a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) – entidade público-administrativa atribuída ao serviço público de água e esgoto no estado do Ceará – e, com ela, um melhoramento significativo nos investimentos e sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto, como a construção do sistema Pacoti-Riachão-Gavião, do Sistema de Tratamento de Esgoto do Distrito Industrial de Fortaleza, com sede em Maracanaú e o projeto SANEAR I, que possibilitou um aumento no atendimento de 11% em 1981 para 60% em 1998 na cidade de Fortaleza (MIRANDA, 2014).

A relação dos municípios cearenses com a urbanização aumentou nas últimas décadas, inferindo nas relações socioeconômicas e políticas, de forma que pouco mais de 8% obteve índice de urbanização inferior a 30% e cidades de médio porte passaram a estabelecer maiores aglomerados; o que demonstra a generalização no processo de urbanização, ao passo que evidencia a descentralização das capitais, num processo de interiorização urbana (PONTES, 2010).

Até o ano de 2015 o estado do Ceará registrou 64,04% da população atendida pelo sistema de abastecimento de água tratada, 25,7% de esgoto coletado e 34,50% de esgoto tratado (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017). Um ano depois, foi sancionado o marco regulatório do saneamento no Ceará, a partir da Lei Complementar n° 126, de 20 de junho de 2016, que, dentre outras atribuições, instituiu a Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário no Estado do Ceará, tendo como objetivo orientar a participação do Estado nos serviços públicos de abastecimento de água e tratamento de esgoto, elaborando diretrizes que visam o melhoramento na qualidade dos mesmos (CEARÁ, 2016).

O Ranking do Saneamento Básico das 100 maiores cidades, elaborado pelo Instituto Trata Brasil em 2017 registrou a cidade de Fortaleza com 84,30% da população urbana atendida pelo sistema de abastecimento de água tratada, 49,04% com esgotamento sanitário e 52,32% de esgoto tratado. Se for levada em consideração a evolução de 2011 a 2014, a cidade baixou seu nível de qualidade nesses serviços e, no atual ranking Fortaleza ocupa a 70ª posição, caindo uma em relação ao ano anterior (OLIVEIRA, 2017).

O instrumento jurídico municipal que orienta a participação do Estado na integração do planejamento urbano em Fortaleza é a Lei Complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009 que tem como uma de suas diretrizes a integração dos serviços de saneamento ambiental, limpeza urbana e controle de riscos (FORTALEZA, 2009).

## 2.4 Caracterização do esgoto doméstico

O esgoto doméstico é aquele proveniente de unidades familiares, instituições e comércio providos de áreas molhadas, como banheiro e cozinha, sendo composto essencialmente de água, matéria orgânica e inorgânica, sólidos, microorganismos e o volume depende, exclusivamente, do número de usuários atendidos (BRASIL, 2015; RUTKOWSKI *et al.*, 2017). A concentração desses componentes varia de acordo com os tipos de uso, clima, hábitos e condições socioeconômicas; aspectos locais que demonstram a singularidade na tipificação das águas residuais (PAGANINI, 1997).

Segundo Franco *et al.* (2014, p. 395), “Os esgotos domésticos têm temperatura ligeiramente superior à da água de abastecimento, por conta de fatores como a atividade microbiana e velocidade das reações químicas; possui coloração variando do cinza claro ao cinza escuro”. Essa coloração varia de acordo com o tipo de uso, classificadas em *águas cinzas*, oriundas de lavatórios, chuveiros, pias e tanques; e *águas negras*, relacionadas com dejetos de bacias sanitárias (BERNARDES, 2014).

Os níveis e eficiência de tratamento dos sistemas implantados estão relacionados aos padrões de qualidade para a disposição final dessas águas no ambiente, a depender do tipo e concentração do poluente a ser removido, operando de maneira individual ou integrada, como situa o Quadro 2 (VON SPERLING, 1996).

Quadro 2 – Sistemas de tratamento de esgoto doméstico.

Poluentes	Operação, processo ou sistema de tratamento
<b>Sólidos em suspensão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Gradeamento;</li> <li>● Remoção de areia;</li> <li>● Sedimentação;</li> <li>● Disposição no solo.</li> </ul>
<b>Matéria orgânica biodegradável</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lagoas de estabilização e variações;</li> <li>● Lodos ativados e variações;</li> <li>● Filtro biológico e variações;</li> <li>● Tratamento anaeróbio;</li> <li>● Disposição no solo.</li> </ul>
<b>Patogênicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lagoas de maturação;</li> <li>● Disposição no solo;</li> <li>● Desinfecção com produtos químicos;</li> <li>● Desinfecção com radiação ultravioleta.</li> </ul>
<b>Nitrogênio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nitrificação e desnitrificação biológica;</li> <li>● Disposição no solo;</li> <li>● Processos físico-químicos.</li> </ul>
<b>Fósforo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Remoção biológica;</li> <li>● Processos físico-químicos.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996 p.172).

Ainda segundo Von Sperling (1996), esses sistemas podem ser classificados em:

- Tratamento preliminar: unidade que utiliza mecanismos físicos como peneiramento e sedimentação na remoção de sólidos grosseiros e areia;
- Tratamento primário: unidade que utiliza mecanismos físicos como a decantação para remoção de sólidos suspensos sedimentáveis e flutuantes, e parte da matéria orgânica;
- Tratamento secundário: unidade que utiliza mecanismos biológicos para remoção de matéria orgânica dissolvida e em suspensão;
- Tratamento terciário: unidade que utiliza mecanismos físico-químicos e biológicos para a remoção de poluentes persistentes nos tratamentos anteriores, bem como específicos, como tóxicos e não biodegradáveis.

Em sua maioria, as estações de tratamento de efluentes domésticos atingem o nível secundário, considerado suficiente para posterior disposição final no corpo receptor, todavia a eficiência do tratamento não pode ser garantida quanto à qualidade microbiológica (SILVA; MONTEGGIA; CATANEO, 2017).

## 2.5 Sistemas individuais de tratamento de esgoto doméstico

Os sistemas individuais de tratamento de efluentes são aqueles nos quais as ações de saneamento ocorrem nas próprias residências, usualmente com disposição dos dejetos domésticos em tanques sépticos (TS) e/ou fossas-sumidouro (PEDROZO JÚNIOR, 2016). Estas, assim como as fossas negras, foram as primeiras alternativas de disposição do esgoto em unidades familiares do Brasil, “No processo de formação das cidades, os habitantes estabelecem o modo de vida sedentário, no qual a casa passa a ser o espaço do saneamento individual” (DIAS; ROSSO; GIODANO, 2012 p.30).

Os sistemas TS surgiram no século XIX e consistem em câmaras fechadas e impermeáveis responsáveis pela decantação dos sólidos suspensos por tempo determinado, suficiente para sua estabilização; bem como o início da digestão anaeróbia da matéria orgânica presente no esgoto (VON SPERLING, 1996 & BRASIL, 2006).

De acordo com Jomertz e Lanzer (2017), a viabilidade socioeconômica da implantação de sistemas individuais de tratamento de esgoto está relacionada com a redução nos custos das redes coletivas de coleta e tratamento, bem como com a atribuição da corresponsabilidade pelo esgoto à população que o gera.

O parágrafo 1º do Art. 45 da Lei nº 11.445/2007 estabelece que,

Na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos (BRASIL, 2007, p.12).

A partir dessa diretriz, os sistemas de TS são recomendados para locais desprovidos de rede coletora de esgoto, também podendo ser aplicados como alternativa para locais com o serviço implantado, estando associados a níveis de tratamento posteriores, devido a sua capacidade limitada de remoção de matéria orgânica, atuando como unidade sedimentar primária (COLARES; SANDRI, 2013).

Assim, os sistemas complementares são necessários para que haja a mineralização da matéria orgânica e de componentes específicos presentes no efluente séptico, a partir de unidades biodigestoras secundárias e, eventualmente, terciárias, nas quais agentes biológicos e/ou físico-químicos, a depender do tipo de poluente, depuram o esgoto doméstico (PEDROZO JÚNIOR, 2016). Segundo Von Sperling (1996), esses sistemas atuam em um nível de

tratamento secundário e caracterizam-se por possuírem diferentes tipos de aplicação a partir de mecanismos físico-químicos e biológicos de depuração do esgoto, utilizados de acordo com os critérios e necessidades de cada realidade:

### 2.5.1 Tratamento por disposição no solo

Os sistemas de tratamento por disposição no solo datam de milhares de anos, estando presentes na evolução sanitária das urbes ao longo dos séculos e sendo o método mais utilizado e eficiente no início do século XX, dado que, apesar de rústicos, eram eficientes na depuração do esgoto (PAGANINI, 1997).

Franco *et al.* (2014, p.393) afirma que,

A disposição de efluentes no solo é uma forma de tratamento praticada há muito tempo, referências dessa utilização são encontradas até mesmo antes da era cristã. Trata-se de um sistema simples e eficiente, sendo que o tratamento ocorre por mecanismos naturais que envolvem processos físicos, químicos e biológicos. O sistema apresenta ainda baixo custo de implementação e operação, tornando-se assim uma alternativa viável.

“A aplicação de esgotos no solo pode ser considerada uma forma de *disposição final*, de *tratamento* (nível primário, secundário e terciário), ou ambos. ”, já que esse método permite a recarga do lençol freático e/ou a evapotranspiração e supre as necessidades hídricas e nutritivas de plantas, sendo os tipos mais comuns (VON SPERLING, 1996, p.202-203):

- Irrigação (infiltração lenta);
- Infiltração rápida (alta taxa);
- Infiltração subsuperficial;
- Escoamento superficial.

A operação desses sistemas se dá pela ação da microbiota presente no solo e nas micorrizas das plantas no processo de depuração do efluente séptico, “Trata-se de uma estratégia *in situ* que envolve o emprego de espécies vegetais adequadas e microrganismos a elas associados com o fim de degradar, reter e remover poluentes orgânicos e inorgânicos do solo e água.” (RIBAS; FORTES NETO, 2008 p.82). O uso desses agentes biológicos em tecnologias ambientais é chamado de *biorremediação*, um manejo controlado dos processos microbiológicos para fins de remoção de poluentes (NETTO *et al.*, 2015).



A *infiltração subsuperficial* consiste no uso do solo como meio de suporte para o efluente séptico a partir de *valas filtrantes* dispostas de forma a propiciar a percolação do esgoto, podendo gerar efluente final ou não (KNAPIK, 2017).

Uma vala filtrante constitui-se numa escavação, “onde se processa a depuração por meio tanto físico (retenção), quanto bioquímico (oxidação), devido aos microorganismos fixos nas superfícies dos grãos de areia, sem necessidade de operação e manutenção complexas. ”, podendo ter as paredes e a base impermeabilizadas para retenção do efluente tratado ou não, (ABNT, 1997, p.11).

Pelo fato de possuir um baixo custo e ser de fácil instalação, as valas de filtração tem ampla aplicação em áreas urbanas e rurais que não são atendidas por rede coletora, como em pequenas comunidades, condomínios residenciais e cidades litorâneas onde existe o problema de baixa declividade dos terrenos, dificultando a implantação dos sistemas de coleta de esgotos (NATALIN JUNIOR, 2002, p.43).

Segundo Santaella *et al.* (2004), os sistemas de disposição no solo por infiltração subsuperficial são, “[...] uma excelente alternativa de tratamento de esgoto, de otimização da água e produção de alimentos a um custo muito reduzido e com exigência mínima de mão de obra qualificada.”. O Quadro 3 enuncia algumas vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento por infiltração subsuperficial (VON SPERLING, 1996):

Quadro 3 – Sistemas de infiltração subsuperficial.

Vantagens	Desvantagens
- Elevadíssima eficiência na remoção de DBO e coliformes;	- Requisito de áreas medianas
- Satisfatória eficiência na remoção de N e P	- Depende das características do solo
- Proporciona fertilização e condicionamento do solo	- Necessidade de unidades reserva para permitir a alternância entre as mesmas (operação e descanso)
- O terreno superior pode ser utilizado como área verde ou parques	- Relativamente dependente do clima e dos requisitos de nutrientes dos vegetais
- Construção, operação e manutenção simples	- Os sistemas maiores necessitam de terrenos bem permeáveis para reduzir os requisitos de área

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996, p. 223).

Algumas recomendações são sugeridas para melhor eficiência dos sistemas por infiltração subsuperficial, como a incidência direta de raios solares, a implantação de tratamento primário afluente ao sistema para fins de decantação, boa permeabilidade e drenagem do solo, emprego de culturas de subsistência cultivadas sem o contato do fruto com o solo e ingeridos

cozidos, irrigação manual nos primeiros dias de plantio e instalação de dispositivo de desvio na saída dos canteiros (PAGANINI, 1997; SANTAELLA *et al.*, 2004).

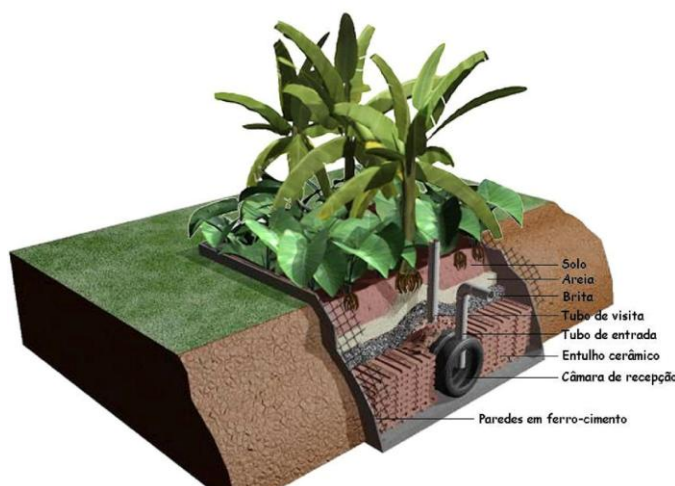
### 2.5.2 Bacia de Evapotranspiração

A bacia de evapotranspiração (B.E.T.) é um sistema fechado de tratamento sanitário constituído por um tanque impermeabilizado, preenchido por uma câmara de decantação (pneus ou tijolos), diferentes granulometrias de substrato e vegetais de folhas largas com elevada demanda hídrica (GALBIATI, 2009). Constitui um canteiro cultivado, onde ocorrem a degradação e mineralização dos componentes orgânicos do efluente séptico por agentes biológicos de forma ascendente, tornando os nutrientes e a água disponíveis para as culturas plantadas (Figura 2) (BENJAMIN, 2013).

A B.E.T. ou tanque de evapotranspiração (TEvap) é um sistema biodigestor que opera de maneira simplificada, integrando os níveis de tratamento primário e secundário de águas residuais em um só, servindo também como disposição final do efluente tratado, o qual é reaproveitado pelas culturas plantadas, fechando o sistema (PAULO; BERNARDES, 2017).

[...] o efluente entra pela parte inferior do compartimento, composto por um túnel (anel de concreto ou tubo de PVC perfurado, ou ainda pneus), cercado por uma camada de entulho cerâmico ou brita. Na câmara formada ocorre a sedimentação e digestão anaeróbia do efluente, que escorre pelos espaços entre os pneus/perfurações no anel. Saindo desse espaço, o efluente passa pela camada de material cerâmico permeável, naturalmente colonizado por bactérias que complementam a digestão. Na medida em que o efluente preenche todo o compartimento, passando pelas camadas de brita e areia, em direção à superfície, o TEvap funciona como um filtro anaeróbio. Durante esse trajeto, o efluente é mineralizado e filtrado, com possível eliminação de patógenos (BERNARDES, 2014, p.03).

Figura 2 – Corte em perspectiva de bacia de evapotranspiração.



Fonte: Galbiati (2009, p.18).

As vantagens do sistema de evapotranspiração estão relacionadas à grande eficiência na remoção de matéria orgânica e evapotranspiração, reutilização de nutrientes e água pela vegetação e os baixos custos de operação e manutenção, sendo uma alternativa viável para residências unifamiliares e pequenas comunidades (POTRATZ, 2010).

As recomendações para o uso da (B.E.T.) são: o uso de substrato poroso de granulometria variada como meio de suporte aos microorganismos, sendo os maiores no fundo, como entulho e brita, passando pela areia e chegando ao solo de superfície, de granulometria fina; o plantio de culturas de folhas largas e que demandam muita água; e a implantação em locais com incidência direta de raios solares (COSTA, 2014).

## **2.6 Saneamento ecológico e Permacultura**

A concepção de um ambiente hígido e sustentável é possível com a inclusão de cada pessoa como corresponsável pelo resíduo que gera e as externalidades dessa ação no todo, proporcionando um aprendizado que prioriza soluções coletivas a partir de hábitos individuais, como a reutilização dos recursos presentes nas águas residuais por sistemas cíclicos, mitigando os impactos e diminuindo a exploração dos recursos (LUCCA, 2016).

As práticas de saneamento ecológico são fundamentadas pelos princípios da sustentabilidade, que envolvem as relações socioambientais em ações que buscam soluções a partir de sistemas de tratamento com ciclos fechados, com melhor aproveitamento energético e fluxo de materiais para atender a demanda populacional de maneira equitativa, integrando os serviços de saneamento às esferas social, econômica, política e cultural (BRASIL, 2014).

Permacultura pode ser definida como um conjunto de técnicas de manejo sustentável em ambientes controlados a fim de conservar as condições naturais de troca de energia nas relações ecológicas entre os componentes integrantes do meio, suprindo as necessidades locais sem comprometer os recursos, seja na abundância ou na escassez (HOLMGREN, 2007).

A permacultura é uma ciência multidisciplinar e holística que visa do desenho e planejamento da ocupação humana na terra de forma interligada com os ciclos naturais, sociais e espirituais. Em sua concepção de planejamento utiliza princípios e ferramentas básicos que visam a aproximação e o trabalho conjunto dos saberes locais, dos saberes ancestrais e saberes da atualidade na criação de estruturas, moradias, vilas, assentamentos, ou seja, ocupações humanas em geral (LUCCA, 2013, p.10).

Os designs permaculturais propiciam uma interação dinâmica e cíclica entre os elementos do ambiente sem comprometer as partes, observando padrões de disposição espacial

dos elementos naturais e utilizando técnicas de plantio, construção, manejo hídrico e energético em sistemas cultivados e conservados pelo Homem (HENDERSON, 2012).

## 2.7 Legislação pertinente ao saneamento básico no Brasil

Os instrumentos jurídicos que estabelecem as competências legais sobre saneamento básico no Brasil estão enunciados em tópicos, com basilar no princípio da supremacia constitucional, que integra as permissividades político-administrativas em âmbito federal, estadual e municipal, estabelecendo providências comuns e autônomas às três esferas, de acordo com a especificidade de cada matéria.

As particularidades regionais e locais formam campos materiais que ratificam os compromissos legais de cada ente federado, onde os interesses predominantes devem estar em conformidade com a legislação ambiental, que incube essa responsabilidade aos órgãos competentes dos estados e municípios, os quais determinam a realização de procedimentos técnico-administrativos para regulamentar os diferentes aspectos sanitários. Cabe também à coletividade esse dever, sob o risco de sanções penais e administrativas em casos de condutas e atividades lesivas.

Os fundamentos legais referentes a saneamento básico no Brasil estão estruturados em síntese nos quadros a seguir para cada nível de repartição. As diretrizes estaduais e municipais são suplementares às federais e suas vigências correspondem aos limites político-administrativos de cada unidade.

Quadro 4 – Instrumentos jurídicos federais.

<b>LEGISLAÇÃO FEDERAL</b>
<b>Leis</b>
Lei nº 6.938/1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei nº 8.080/1990 – Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.
Lei nº 9.433/1997 – Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
Lei nº 10.257/2001 – Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.
Lei nº 11.445/2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá

outras providências.
Lei nº 12.305/2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Lei 13.089/2015 – Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências.
<b>Decretos</b>
Decreto nº 6.942/2009 – Institui o Biênio Brasileiro do Saneamento 2009-2010 e institui o Grupo de Trabalho Interinstitucional para coordenar a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico, e dá outras providências.
<b>Resoluções</b>
Resolução CONAMA nº 005/1988 - Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de saneamento.
Resolução CONAMA 274/2000 – Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.
Resolução CONAMA nº 330/2003 – Institui a Câmara técnica de Saúde, Saneamento Ambiental e Gestão de Resíduos.
Resolução CONAMA nº 430/2011 – Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 5 – Instrumentos jurídicos estaduais.

<b>LEGISLAÇÃO ESTADUAL</b>
<b>Leis</b>
Lei nº 9.499/71 - Cria a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e dá outras providências.
Lei Complementar nº 018/1999 – Dispõe sobre a Região Metropolitana de Fortaleza, cria o Conselho Deliberativo e o Fundo de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Fortaleza – FDM, altera a Composição de Microrregiões do Estado do Ceará e dá outras providências.
Lei nº 14.844/2010 – Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - Sigerh, e dá outras providências.
Lei nº 16.033/2016 – Dispõe sobre a Política de Reuso de Água Não Potável no Âmbito do Estado do Ceará.
Lei nº 162/2016 – Institui a Política Estadual de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário no Estado do Ceará, institui o Sistema Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, o Sistema Estadual de Informações em Saneamento, e cria o Fundo Estadual de Saneamento.
Lei nº 16.032/2016 – Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos no Âmbito do Estado do Ceará.
<b>Resoluções</b>
Resolução ARCE nº 024/2001 - Disciplina a qualidade da água e de esgotos na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
Resolução ARCE nº 130/2010 – Estabelece as condições gerais na prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## Quadro 6 – Instrumento jurídico municipal.

<b>LEGISLAÇÃO MUNICIPAL</b>
<b>Lei</b>
Lei Complementar nº 062/2009 - Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver e analisar a implantação de um sistema alternativo integrado de tratamento de esgoto em unidade familiar permanente como meio para as águas residuais.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Desenvolver quatro sistemas individuais de tratamento de efluente doméstico por disposição no solo;
- Desenvolver um sistema individual de tratamento de efluente por bacia de evapotranspiração;
- Observar a aplicação de alternativas estruturais na construção de um sistema sanitário integrado;
- Analisar os processos produtivos dos módulos implantados;
- Apontar as possibilidades do papel do cientista ambiental na seara do saneamento.

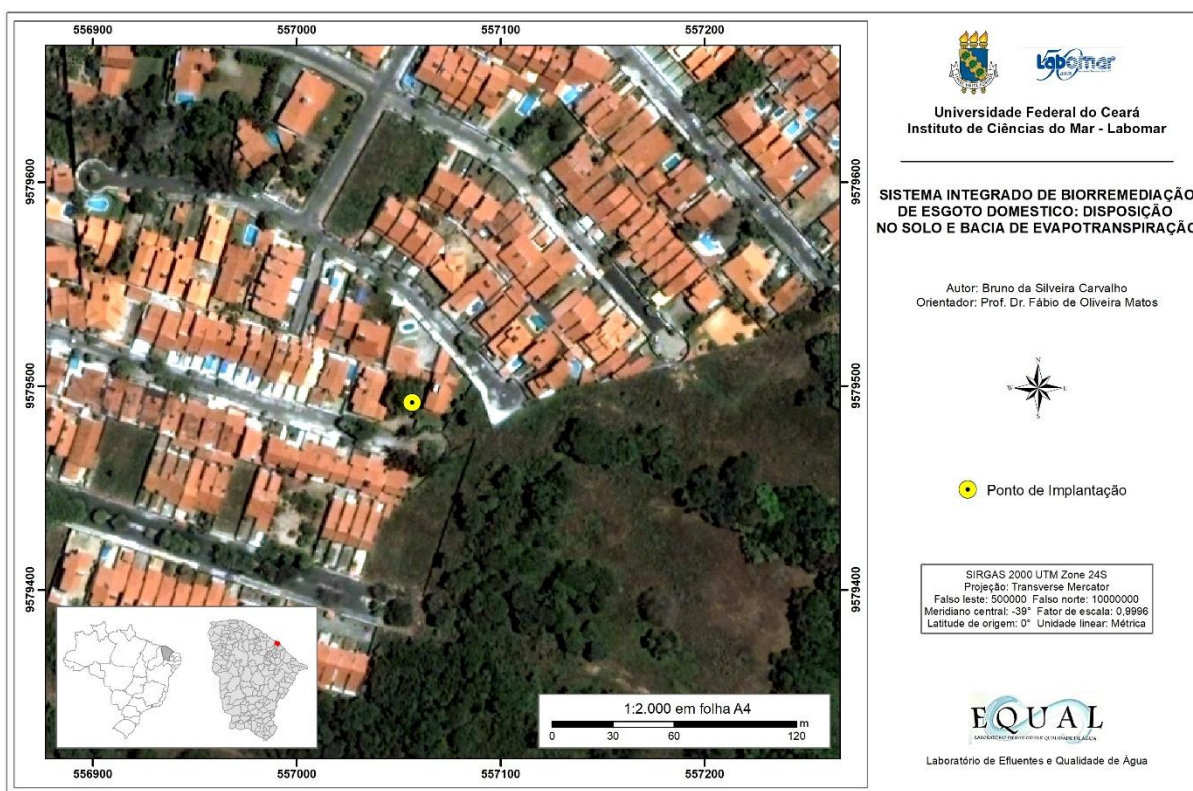


## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no município de Fortaleza/CE em domicílio particular permanente no Cambeba (7.265 hab.). Com um rendimento nominal mensal domiciliar de R\$ 1.628,07, o bairro possui 21,68% das unidades familiares ligadas à rede geral de esgoto (CLEYBER NASCIMENTO DE MEDEIROS, 2012) e apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano Básico (IDH-b) baixo de 0,518, apesar de ser um dos mais altos entre os bairros da Secretaria Executiva Regional VI (IBGE, 2010).

O mapa de localização (Figura 3) situa o Ponto de Implantação do projeto em escala de 1:2.000 e caracteriza o tipo predominante de ocupação do solo. Os aspectos visuais permitem identificar a pavimentação das vias em uma malha urbana irregular e desordenada ocupadas por residências unifamiliares. Também é possível identificar áreas de supressão vegetal, o que indica o avanço da urbanização.

Figura 3 – Mapa de localização.



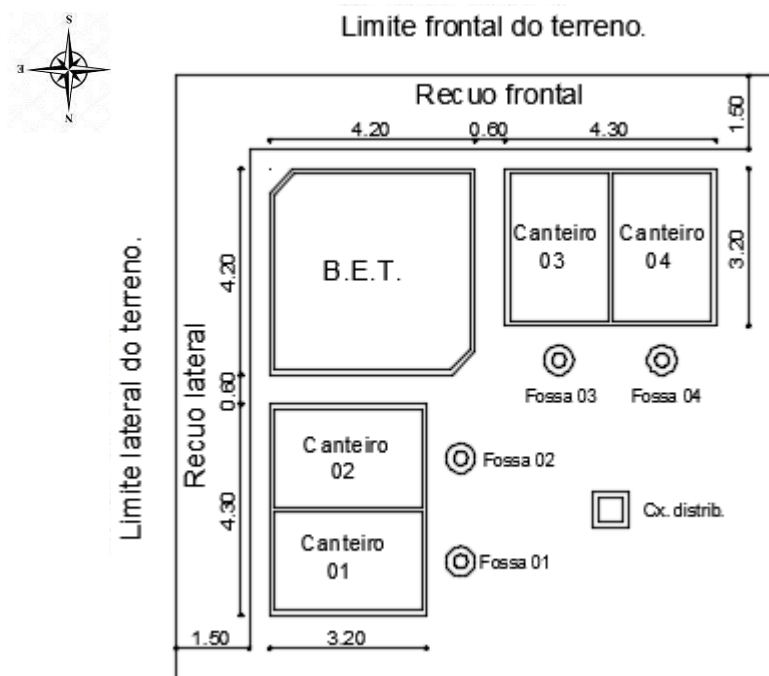
Fonte: Elaborado pelo autor.



A residência unifamiliar atendida por este trabalho é habitada por duas famílias, uma mora do andar térreo e a outra no primeiro andar, cada qual com quatro usuários. Desde a sua construção, há algumas décadas, o domicílio não possui ligação com a rede municipal de coleta e tratamento de esgoto e era atendido por duas fossas-sumidouro, uma para o andar térreo e cozinha do andar de cima; e outra para os banheiros do andar de cima.

O terreno é grande e possui cobertura vegetal em sua maior porção. O local escolhido para instalação do sistema situa-se no quadrante sudeste do lote (Figura 4), onde as condições ambientais favorecem a máxima eficiência de operação do sistema, tendo em vista a distância da residência, a saúde dos usuários, as formas de uso do solo, a vegetação predominante e a incidência direta de raios solares (SANTAELLA *et al.*, 2004).

Figura 4 – Disposição do sistema no lote.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação do sistema se deu com a utilização de técnicas construtivas que usam materiais não convencionais, como o bambu, que também é ecológico; econômicos, como o ferro, e reutilizáveis, como os pneus. Diversos trabalhos científicos são desenvolvidos a respeito destes e variadas evidências surgem, conseqüentemente. O desenvolvimento de pesquisas futuras foi o que levou à escolha dos instrumentos citados, na busca de soluções sustentáveis. A sùmula a respeito dos conceitos e formas de uso estão descritas a seguir.

#### 4.1 Bambu-cimento

O bambu-cimento ou bambucreto é uma técnica estrutural que utiliza fibra vegetal de bambu associada ao concreto e argamassas em construções civis como substituto do ferro e do aço, cujas especificidades mecânicas são equivalentes em determinadas circunstâncias (OLIVEIRA; VITO, 2012). Segundo Souza (2014), esse material é mais leve e capaz de substituir completamente o aço em pequenas construções, desde que tenha limites de pressão médios e vãos inferiores a 3,5 m.

Para que o bambu opere de maneira eficiente é necessário tomar medidas preventivas, como a espécie escolhida, o tratamento das varas e a impermeabilização, devido a fatores como a absorção de água pelo mesmo durante o período de cura do cimento, bem como a sua baixa aderência a este material, ocasionando fissuras (BRAGA; ARRANZ; CAMINHOLA, 2011). Outro aspecto que determina o seu uso é a durabilidade, cuja variabilidade resulta de processos como a época de colheita, tratamento e tipos de uso (BOOGAARD, 2016), podendo variar de alguns anos a décadas (JÚNIOR; WILLRICH; FABRO, 2005).

As bases teóricas sobre a associação do bambu ao concreto ainda são pontuais, contudo, sob o ponto de vista estrutural, o material é viável, se respeitando alguns critérios (OLIVEIRA; VITO, 2012), além de ser renovável, de baixo custo e ecológico, quando comparado a outros materiais, caracterizando uma alternativa sustentável (SOUZA, 2014).

#### 4.2 Ferrocimento

O ferrocimento é uma técnica construtiva artesanal que combina argamassa de cimento e areia com uma grade de vergalhões de ferro e tela de galinheiro para formar uma estrutura resistente e impermeável de espessura fina, reduzindo os custos de materiais e possibilitando a autonomia de construção no processo de aprendizagem de comunidades (BRASIL, 2008).

Sua origem está associada ao concreto armado, quando o francês Joseph Louis Lambot publicou um documento em 1855 chamado “Ferrocimento - substituto da madeira de construção” e em 1877 construiu um barco todo em ferrocimento. Posteriormente, já no século XX, a técnica se espalhou devido a sua versatilidade e segurança, sendo também aplicada para fins de restauração e artísticos; e, por ser fácil manejo e aprendizagem técnica, se tornou uma alternativa viável na geração de empregos nos países em desenvolvimento (LIMA, 2017).

### **4.3 Fossa séptica de pneus**

Os pneus são materiais que, quando inservíveis para rodagem, oferecem um grande risco ao meio natural, devido a lenta degradação e possível abrigo de vetores de doenças, fazendo-se necessária estratégias de gestão na reutilização e/ou reciclagem desses resíduos (ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2009).

Segundo Andrade (2007), uma das formas de reutilização dos pneus inteiros pode ser em obras de drenagem, onde os mesmos são dispostos em série, de forma a substituir os bueiros. Técnicas de saneamento sustentável, como as B.E.T.s, também reutilizam esse material de forma semelhante, na confecção das câmaras de sedimentação que servem como unidades de tratamento primário (GALBIATI, 2009).

Nesse contexto, a reutilização de pneus inservíveis surge como alternativa de coleta e tratamento de esgoto doméstico, principalmente para locais desprovidos de saneamento básico e que ainda utilizam sistemas rudimentares, como as fossas negras (PROJETO..., 2014).

## 5. APLICAÇÃO DE ALTERNATIVAS ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS SANITÁRIOS

As etapas e processos construtivos que envolveram a execução deste trabalho, integram as medidas espaciais, os materiais que constituíram o meio filtrante dos módulos e operação do sistema estão enunciados neste capítulo. A análise do processo produtivo e construtivo apresenta uma súmula do que foi realizado, com suas vantagens e contratempos.

### 5.1 Marcação da área e escavação

Os canteiros de filtração são valas rasas que fazem a depuração do esgoto séptico pela ação da gravidade, com fluxo horizontal. Já a B.E.T. consiste em um tanque que opera de maneira vertical, por fluxo ascendente. Para este projeto, os canteiros foram idealizados em geometria retangular e dispostos de maneira perpendicular entre si, aos pares, de forma que a B.E.T. pudesse ser implantada entre eles, em geometria quadrangular, formando um sistema integrado para atender a demanda domiciliar de quatro usuários para os canteiros e oito para a B.E.T., ocupando a menor área possível no lote.

Seguindo as etapas descritas por van Lengen (2004), o primeiro passo para instalação dos sistemas foi a limpeza do terreno e a demarcação da área com o uso de estacas e corda de nós. Para atender à demanda de área construída e de circulação foi necessário escavar um total de 75 m<sup>2</sup>, sendo 25 m<sup>2</sup> para a B.E.T. e 50 m<sup>2</sup> para os canteiros, em forma de “L”, onde os perfis de solo foram alocados separadamente no entorno por tipos de uso. A terra foi nivelada a uma profundidade de 1,20 m para a B.E.T. e 0,8 m para os canteiros (Figuras 5).

### 5.2 Caracterização e tipos de uso do solo

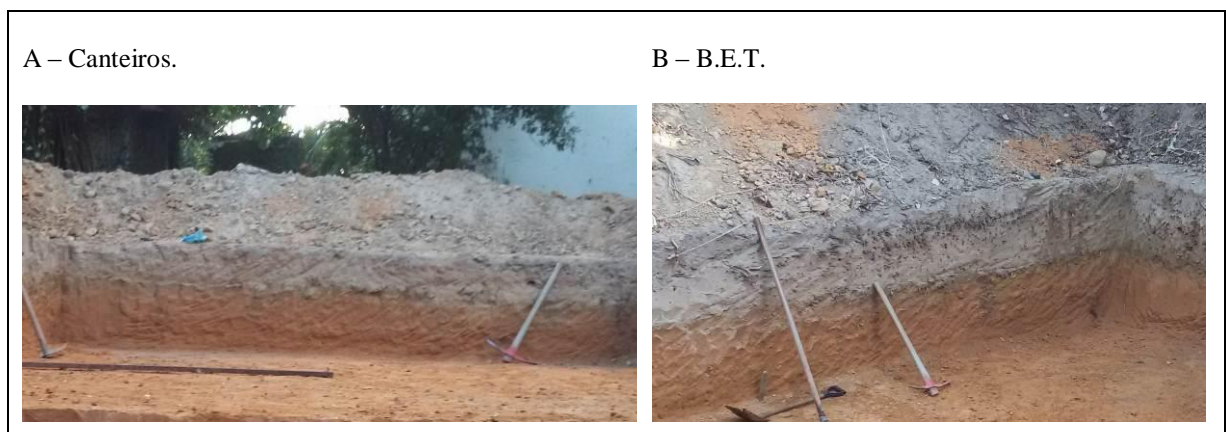
O solo escavado foi classificado por análise visual e textural *in loco* – considerando aspectos fisiográficos – como argissolo vermelho-amarelo contendo dois horizontes bem definidos de súbita mudança textural (DANTAS *et al.*, 2012). A topografia de separação entre o horizonte superficial A e o subsuperficial B é plana, com poucas irregularidades e morfologia de espessura dos horizontes conservada, com cerca de 0,4 m em A e 0,8 m em B (PRADO, 2017), o que facilitou a alocação após a escavação (Figura 6).

Figuras 5 – Marcação e escavação da área.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 6 – Perfis de solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O horizonte superficial A foi utilizado no sistema como material filtrante devido a características físico-químicas, como textura areno-argilosa, drenagem de moderada a perfeita, alta concentração de minerais primários e utilização em agriculturas de subsistência. O horizonte subsuperficial B, com textura de média a muito argilosa, quantidade reduzida de

matéria orgânica e acúmulo de compostos ferrosos, foi utilizado no preenchimento da área de circulação escavada (EMBRAPA, 2017).

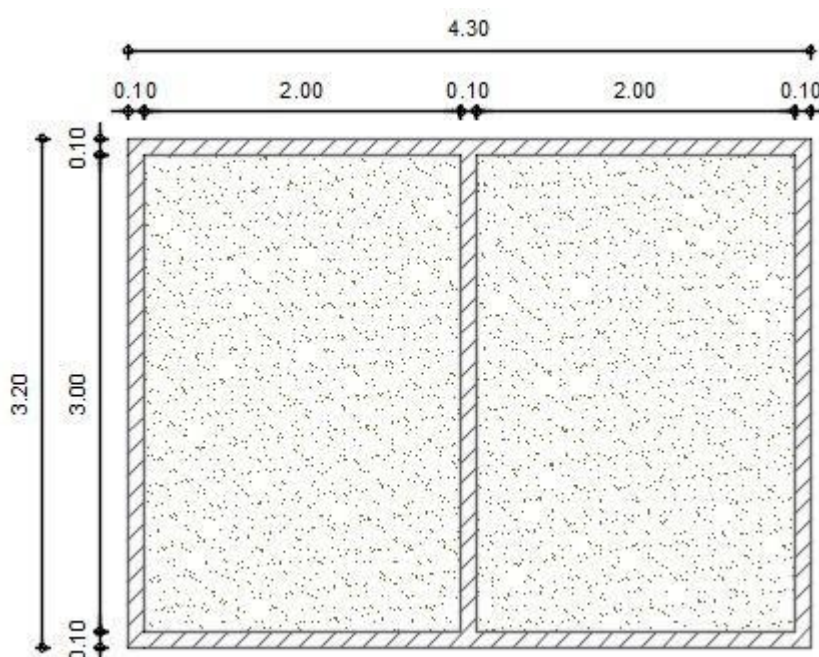
### 5.3 Canteiros de filtração

Os módulos foram construídos em conformidade com a NBR 13.969/97, que dispõe sobre o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos; ainda embasado pelo projeto desenvolvido por Santaella *et al.* (2004), que utilizaram o método de tratamento subsuperficial como alternativa para tratamento de esgoto doméstico em escala experimental.

Foram construídas quatro valas ou canteiros de filtração, uma para cada habitante da residência, totalizando uma área útil de 24 m<sup>2</sup> e volume de 17,52 m<sup>3</sup> (Figuras 7 e 8), com as seguintes medidas internas, por unidade:

- Largura = 2 m;
- Comprimento = 3 m;
- Profundidade média = 0,73 m;
- Volume = 4,38 m<sup>3</sup>.

Figuras 7 – Planta dos canteiros.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 8 – Corte dos canteiros.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 5.4 Bacia de evapotranspiração

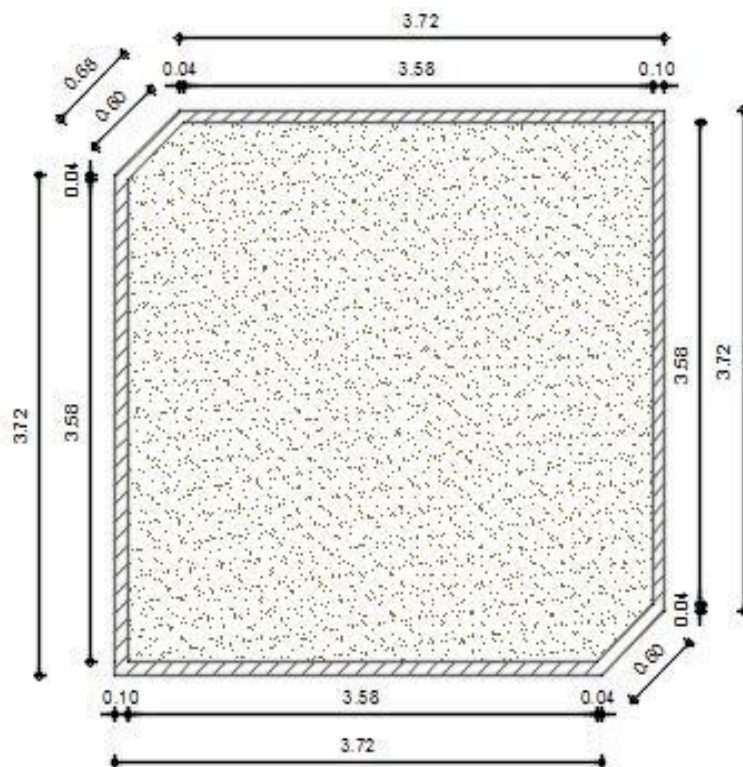
A bacia de evapotranspiração foi dimensionada para atender uma demanda dobrada de usuários, devido ao efluente doméstico misturar águas cinzas e negras no seu despejo, bem como pelo aporte do efluente tratado e volume pluviométrico na lavagem dos canteiros em período de cura destes.

A B.E.T. foi construída de acordo com Galbiati (2009), que orienta uma área de 2 m<sup>2</sup>/hab. e uma profundidade de 1 m, totalizando um volume de 2 m<sup>3</sup>/hab. (Figura 9). Por se tratar de um tanque séptico, ainda que alternativo, a B.E.T. foi construída em conformidade com a NBR 7229/93, que dispõe sobre projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Devido à disposição projetada para a câmara de pneus instalada posteriormente, foi necessário estabelecer chanfros em cantos opostos, possibilitando a vedação dos pneus nas paredes.

A área útil total construída foi de 15,82 m<sup>2</sup> e volume de 18,98 m<sup>3</sup>, com as seguintes medidas internas:

- Largura = 3,58 m;
- Comprimento = 3,58 m;
- Chanfro = 0,60 m;
- Profundidade = 1,20 m;
- Volume = 18,98 m<sup>3</sup>.

Figura 9 – Planta da B.E.T.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.5 Concretagem e cimentação

Foram utilizadas duas técnicas de concretagem, o ferrocimento e o bambucreto ou bambu-cimento. Ambas empregam materiais que não o tijolo para confecção dos alicerces e alvenaria em edificações, tanques e cisternas sustentadas por grades pré-moldadas. Por razões de manutenção, durabilidade e pesquisa posterior, o bambu serviu de armadura para dois canteiros, sendo, então, os outros sistemas confeccionados em ferro e cimento.

### 5.5.1 Lajes

Foram construídas três lajes em concreto armado com malhas de 0,15 m x 0,15 m dimensionadas de acordo com a área demandada em cada sistema, sendo uma para a B.E.T. e duas para os canteiros, estes dispostos em pares. Para evitar o contato com o solo, foram calçadas com paralelepípedos a uma altura de 0,05 m e cercadas por madeirites para contenção da argamassa durante o processo de cura.

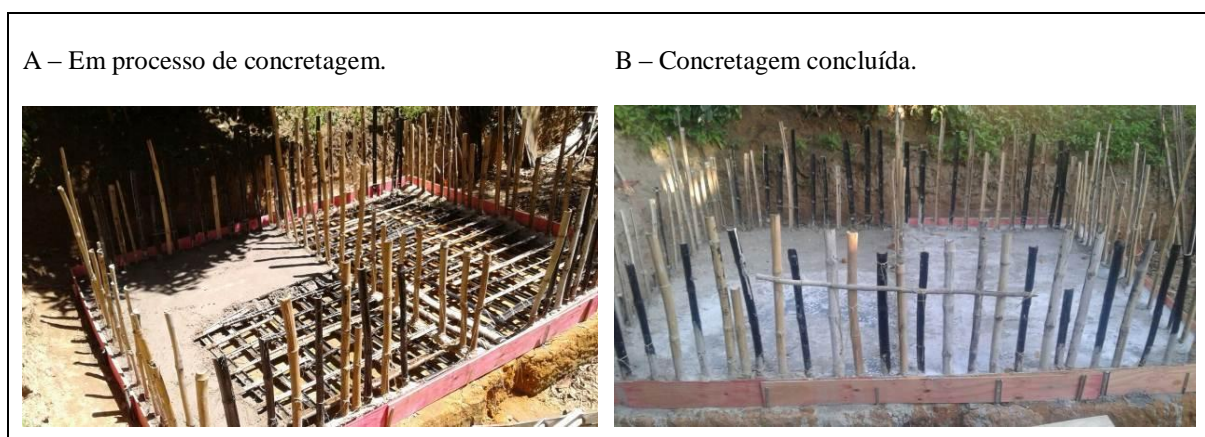
- Canteiros:  $4,30 \times 3,20 = 13,76 \text{ m}^2$ ;
- B.E.T.:  $4,20 \times 4,20 = 17,64 \text{ m}^2$ .



### 5.5.1.1 Bambu-cimento

A grade de bambu foi confeccionada a partir de treze varas com 3,20 m de comprimento, seccionadas em sentido natural da fibra dos colmos e posicionadas em paralelo ao longo dos 4,30 m de comprimento da laje. Varas de comprimentos distintos foram posicionadas em sentido transversal, acima das anteriores, e fixadas com nós de sisal em cada ponto de interseção, dando forma à grade. Os bambus tiveram a parte oca virada para cima para a concretagem preencher todos os espaços. Algumas varas foram impermeabilizadas com piche para diminuir a capacidade de absorção de água da argamassa pelo bambu e aumentar a aderência ao concreto (OLIVEIRA, 2012). Devido o diâmetro médio dos bambus ter 0,07 m, a espessura da laje concretada chegou a 0,15 m para cobrir toda a malha. As estacas de bambu que compuseram a alvenaria foram fixadas no concreto para reforço estrutural (Figura 10).

Figura 10 – Laje de bambu-cimento.



Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.5.1.2 Ferrocimento

Quatro peças pré-moldadas de telas soldadas nervuradas, com bitola de 3,4 mm, cada qual medindo 2,45 m x 6,00 m, foram posicionadas de forma a ocupar toda área da B.E.T. e de dois canteiros. As sobras foram cortadas (reaproveitadas nas paredes) e as interseções fixadas com arame recozido. Em seguida ocorreu a fixação da grade das alvenarias, fixadas no concreto por motivos de reforço estrutural e, logo após, foi feita a concretagem, com lajes de 0,10 m de espessura para os sistemas (Figura 11).

Figuras 11 – Laje de ferrocimento.



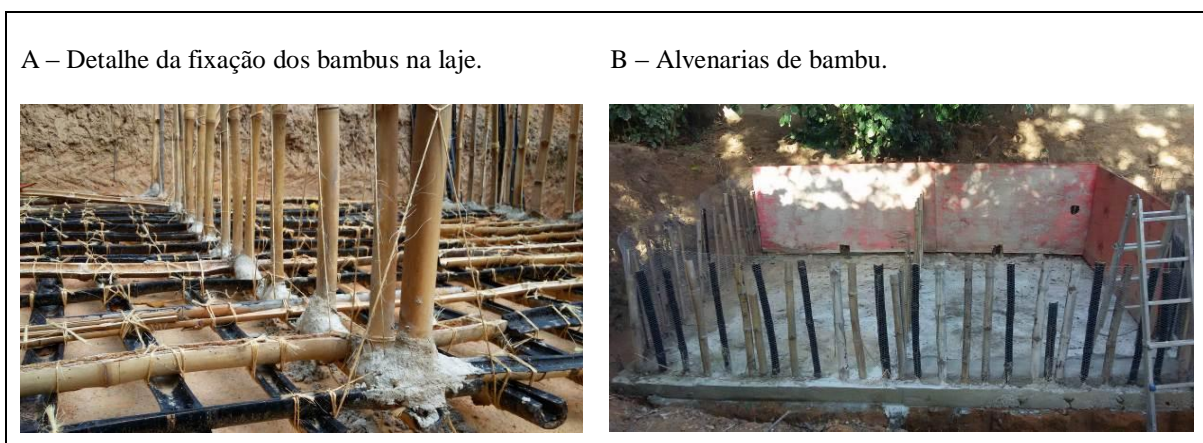
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.5.2 Alvenarias

### 5.5.2.1 Bambu-cimento

A alvenaria foi estabelecida fixando colmos de 0,90 m de comprimento, perpendicularmente aos bambus que compuseram a laje, antes de sua concretagem, com nós de sisal em diagonal, simulando torres de pontes estaiadas, e argamassa na base para melhor sustentação. Cada estaca distou cerca de 0,20 m entre si. Para reforçar a estrutura e facilitar a aderência do bambu à argamassa, uma tela de galinheiro envolveu as estacas pelo lado de fora (Figuras 12).

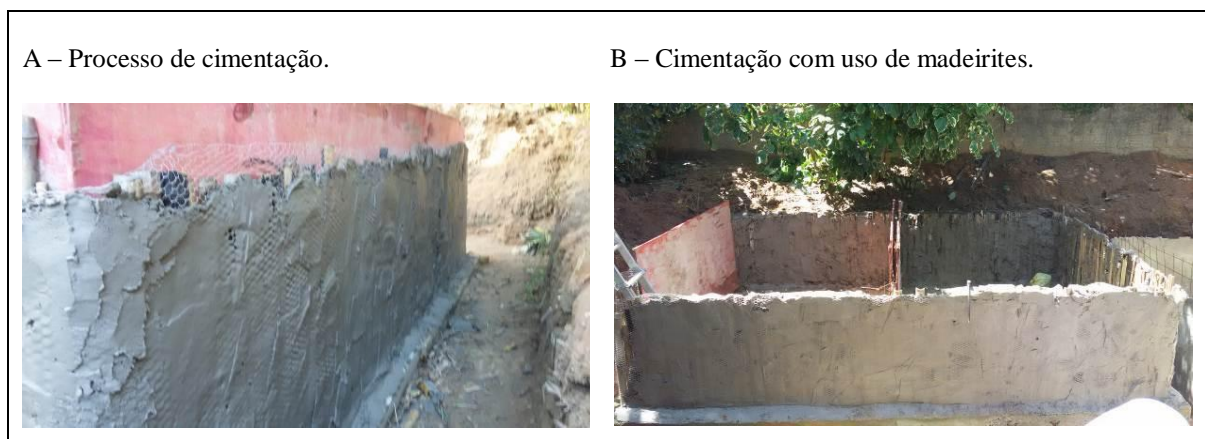
Figura 12 – Fixação dos colmos na laje.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a secagem do concreto, outras estacas de bambu foram posicionadas verticalmente nos espaços restantes, a fim de reduzir os custos com material, sem função estrutural. Madeirites foram fixados como meio de suporte em uma das faces das paredes, enquanto o outro era cimentado. Após a secagem, o mesmo processo se repetiu para outra face, preenchendo todos espaços e cobrindo todos os bambus (Figuras 13).

Figuras 13 – Alvenarias de Bambu-cimento.



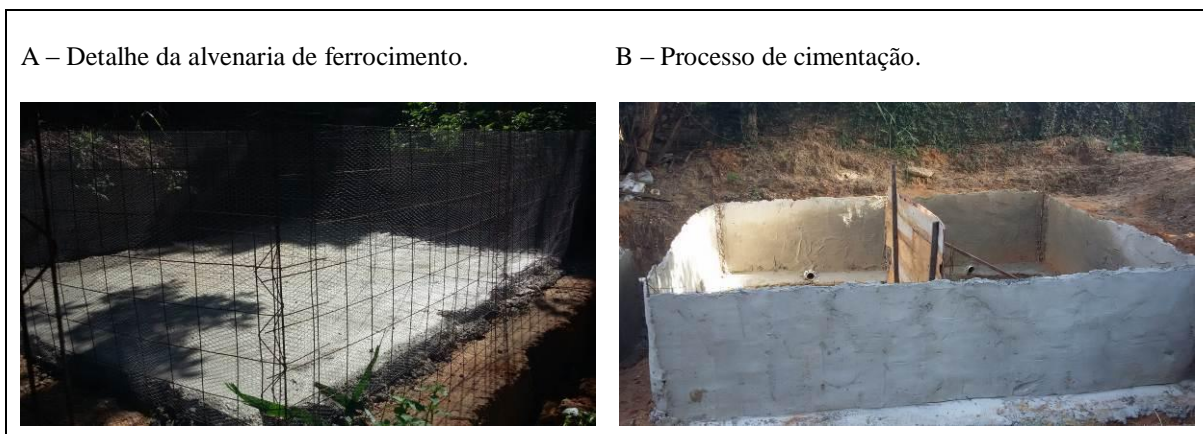
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.5.2.2 Ferrocimento

A alvenaria de ferrocimento foi confeccionada a partir de peças pré-moldadas de telas soldadas nervuradas de 0,15 m x 0,15 m e 0,90 m de altura para os canteiros e 1,30 m para a B.E.T., com bitola de 3,4 mm, com as interseções fixadas com arame recozido. A grade da alvenaria foi fixada na laje antes da concretagem e uma tela de galinheiro envolveu o gradeado, agora sendo nas duas faces, por indicação da literatura (Brasil, 2008).

Após o período de cura da laje, assim como a alvenaria de bambu-cimento, madeirites foram fixados suporte para cimentação. Após a secagem, o mesmo processo para a outra face, preenchendo todos espaços e cobrindo toda a grade de ferro (Figuras 14).

Figuras 14 – Alvenarias de ferrocimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

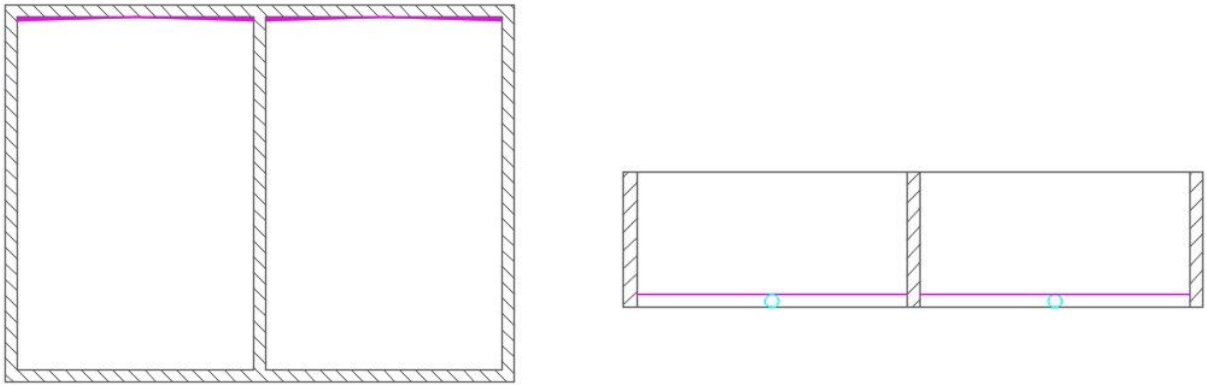
### 5.5.3 Desníveis

Com a intenção de desenvolver futuras pesquisas sobre a eficiência da implantação desse sistema, foram adotados dois modelos diferentes de desníveis, a fim de criar caminhos preferenciais para o fluxo horizontal do efluente durante ou após o tratamento. Para os canteiros 01 e 02 foi estabelecida inclinação de 1% na base das paredes de saída, de forma que o efluente tratado adote um percurso preferencial em direção ao dreno. Nos canteiros 03 e 04 foi implantada inclinação de 2% no piso, no sentido longitudinal às valas, de maneira que o efluente, ao ser disposto no canteiro, adote um caminho preferencial durante a depuração, também com direcionamento para o dreno de saída.

As figuras 15 e 16 simulam os desníveis descritos acima, onde que cada canteiro representa um par no sistema implantado, enunciados no tópico 5.2.3, tendo em vista que um modelo de desnível atende dois canteiros.

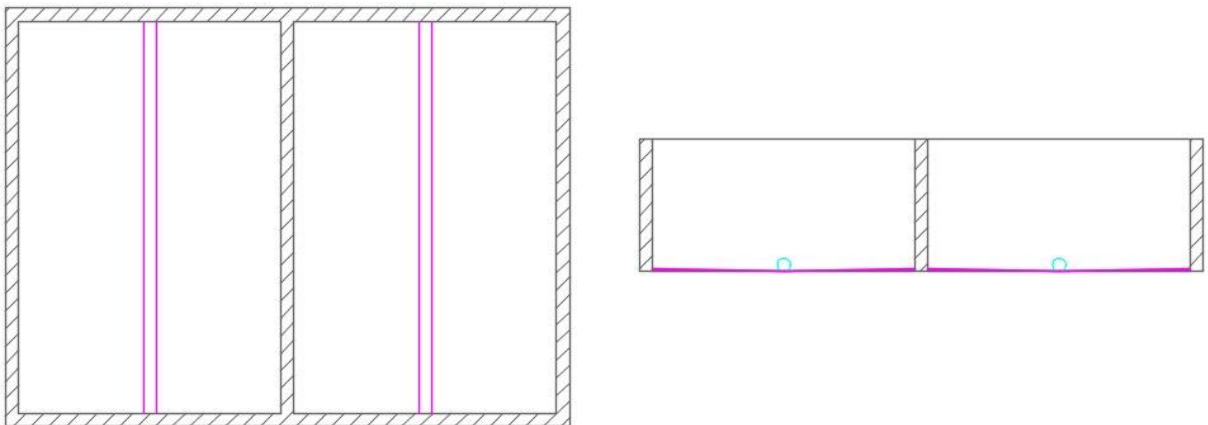


Figura 15 – Planta e corte desníveis 01 e 02.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 – Planta e corte desníveis.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.6 Composição e disposição do meio filtrante

O meio filtrante dos canteiros foi composto por camadas de brita nº 1 na entrada e na saída dos canteiros, ocupando um volume de  $0,32 \text{ m}^3$  por secção, e o próprio solo do terreno, outrora escavado, cobrindo os  $3,74 \text{ m}^3$  remanescentes (Figura 17).

- Área de brita =  $2 \times (0,40 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m})$
- Área do solo =  $(2,2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,73 \text{ m}) + (0,80 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,33)$

Figura 17 – Meio filtrante dos canteiros.

A – Camadas de brita e solo separadas.



B – Detalhe da composição de um canteiro.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a composição do meio filtrante da B.E.T., foram estabelecidos passos orientados na literatura (GALBIATI, 2009). Após a concretagem do piso e cimentação da parede e impermeabilização do módulo, a câmara sedimentar de pneus foi instalada em sentido diagonal, com os pneus em pé e em série, de um chanfro a outro, seccionados nas laterais para permitir o extravaso do efluente séptico. No restante do piso foram alocados grandes e médios finos pedaços de entulho de obra, nessa ordem, de maneira a permitir o fluxo do efluente ao sair dos pneus, preenchendo cerca de 0,50 m de altura.

Para evitar a entrada de sedimentos nos pneus, foi instalada uma cobertura de madeirites que sobraram durante o processo de cimentação das paredes. Em seguida foi disposta uma camada de brita nº 01 com 0,05 m de espessura e uma de material orgânico, principalmente folhas caídas no próprio terreno, também com 0,05 m de espessura. Acima destas, preenchendo o restante do sistema, o solo do próprio terreno (Figuras 18).

Figuras 18 – Meio filtrante da B.E.T.

A – Processo de alocação de materiais grossos.



B – Processo de alocação de materiais médios.



C – Processo de alocação de materiais finos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.7 Tanques sépticos de pneus

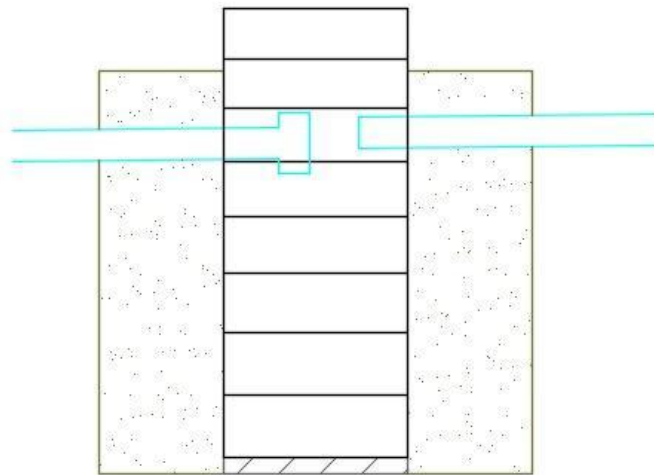
Os pneus utilizados para confecção dos módulos foram de aro 14 a 17, doados por borracheiros ou colhidos nas ruas e calçadas da cidade, todos preservados, apesar de inservíveis para rodagem. Para atender a demanda domiciliar, foi considerado que cada usuário produz, em média, 130 l de esgoto/dia, considerando a unidade residencial de porte médio (NBR 7229/93). O volume útil de cada módulo foi calculado pela soma dos volumes de seis pneus, tendo em vista suas medidas específicas e as diretrizes da NBR 7229/93, que determinam um volume útil de 1.748 l para atender a demanda de quatro usuários (Figura 19).

- $V_{\text{hab.}} = 90,56 + 46,33 + 2 \times (64,70) + 3 \times (67,35) = 468,34 \text{ l/hab.}$
- $V_{\text{total}} = 468,34 \times 4 \text{ hab.} = 1.873,36 \text{ l}$

A partir de uma base de concreto de 0,05 m de espessura, disposta a 1,20 m de profundidade (NBR 7229/93), impermeabilizada, os pneus foram alocados verticalmente, do maior para o menor, e fixados com argamassa entre eles até o nível do solo (Figuras 20). O

pneu exposto acima do solo foi implantado para ser a tampa séptica da unidade. Esta, por ser vazada, precisou ser preenchida. Para isso utilizou-se um gradeado de 0,15 m x 0,15 m como suporte, coberto por lona plástica perfurada para a passagem dos gases; uma camada de brita n° 01 de 0,05 m e o restante do pneu, cerca de 0,15 m, foi preenchido pelo solo do terreno, o qual futuramente será cultivado, daí o motivo da lona perfurada (Figura 21).

Figura 19 – Fossa de pneus.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figuras 20 – Alocação e fixação dos pneus.

A – Fixação do pneu na laje.



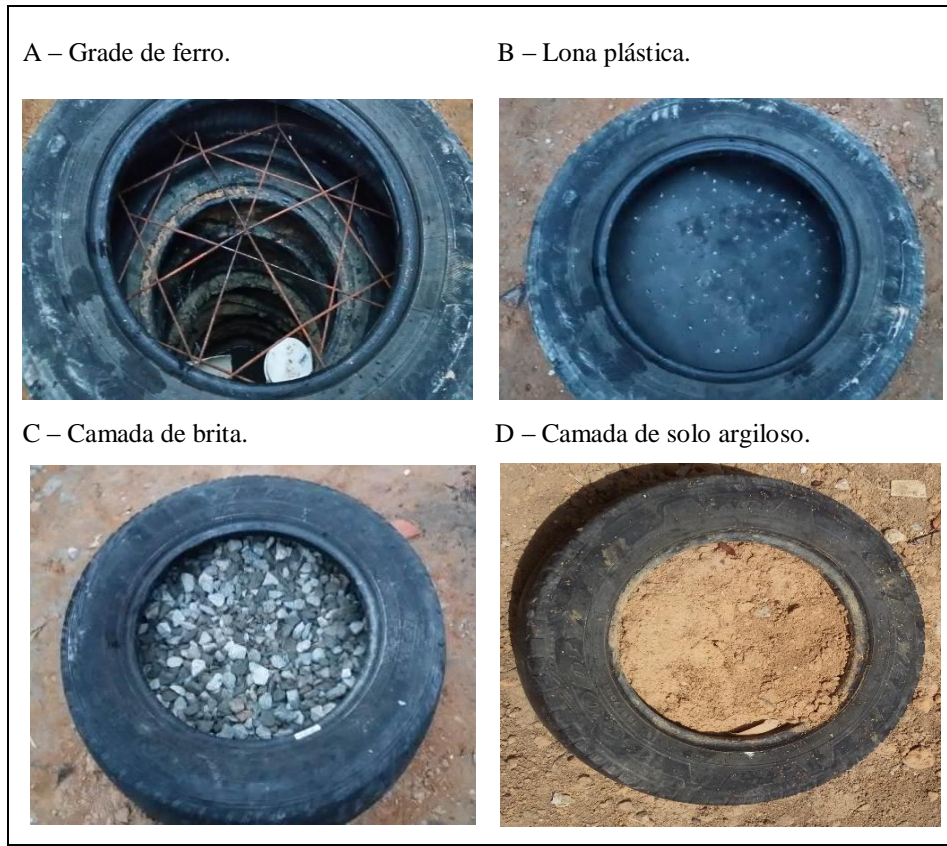
B – Cimentação dos pneus.



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figuras 21 – Tampa séptica de pneu.



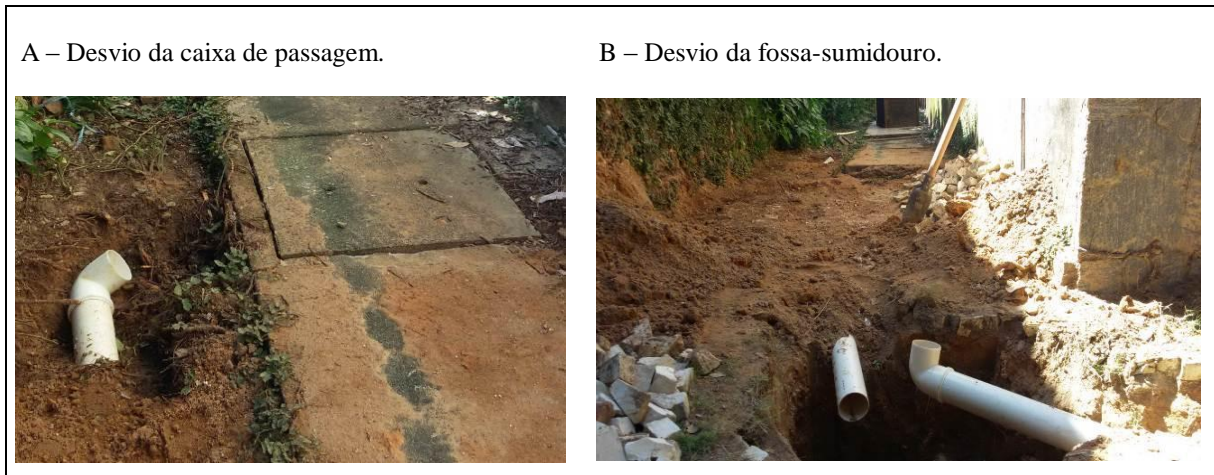
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.8 Tubulação

Os tubos foram dimensionados seguindo as NBRs 7.229/93 e 13.969/97, que dispõem sobre o projeto, construção e operação de tanques sépticos e unidades de tratamento complementar, respectivamente; bem como a NBR 5.688/2010, que delibera sobre os requisitos de tubos e conexões de PVC para sistemas prediais de esgoto sanitário, água pluvial e ventilação. Para tanto, em todo o sistema foram utilizadas sete varas de DN 100 mm e 6 m de comprimento, com suas respectivas conexões.

Após a instalação do sistema, vai ser feito um desvio na saída de uma caixa de passagem que recebe as tubulações de esgoto doméstico da residência, deixando de alimentar umas das fossas-sumidouro instaladas na residência e direcionando o esgoto para o sistema implantado a uma inclinação de 4% (Figura 22). Da caixa de distribuição para os tanques sépticos de pneus, canteiros e B.E.T. a inclinação foi de 1%; bem como na tubulação de desvio do efluente tratado para disposição final na B.E.T., integrando os módulos de tratamento.

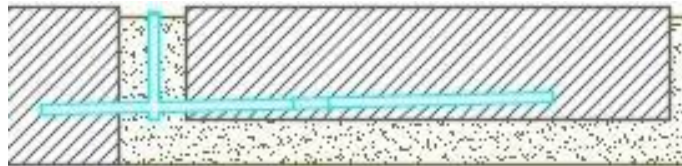
Figuras 22 – Desvio da caixa de passagem para o sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

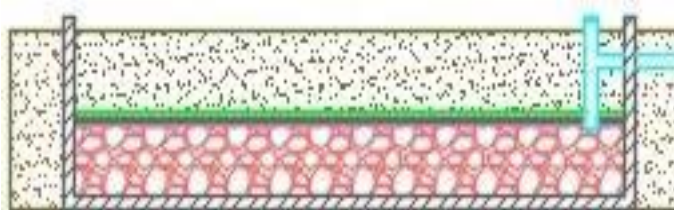
Em determinado ponto nos tubos de drenagem dos canteiros para a B.E.T. foi instalado um duto de coleta para análise posterior do efluente tratado; assim como no tubo de drenagem que alimenta a B.E.T., direto da caixa de distribuição, também foi instalado um duto, mas esse para inspeção e eventual esgotamento do sistema (Figuras 23 e 24).

Figuras 23 – Duto de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – Duto de inspeção e esgotamento.



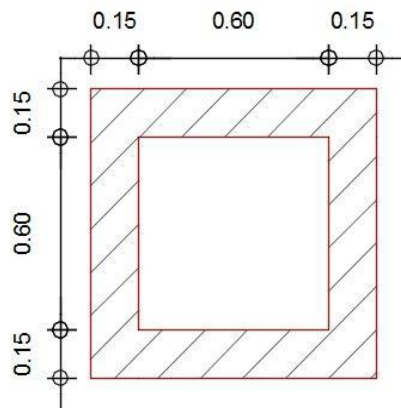
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.9 Caixa de distribuição

A caixa de distribuição foi construída a partir uma escavação e concretagem do piso, com 0,05 m de espessura. A alvenaria foi constituída de maneira convencional, com tijolos e argamassa, com 0,15 m de espessura e a tampa de ferro e argamassa. As seguintes medidas internas foram estabelecidas (Figuras 25 e 26):

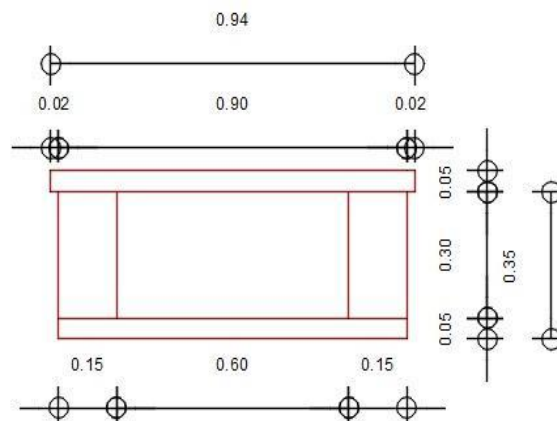
- Largura da caixa = 0,60 m;
- Comprimento = 0,60 m;
- Profundidade = 0,35 m;
- Volume total = 126 l.

Figuras 25 – Planta cx. distrib.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Corte cx. distrib.

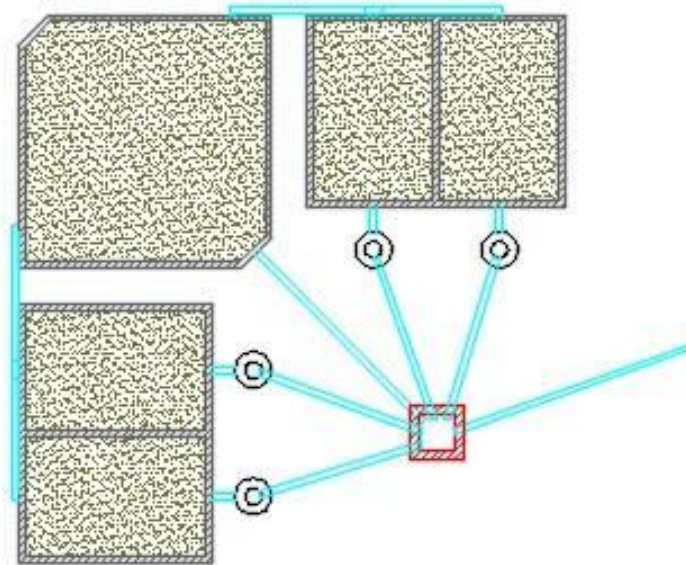


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.10 Operação do sistema

O efluente doméstico será distribuído para o sistema em ciclos alternados, a depender do regime climático da região, determinando, os tipos de uso do solo (Figura 27).

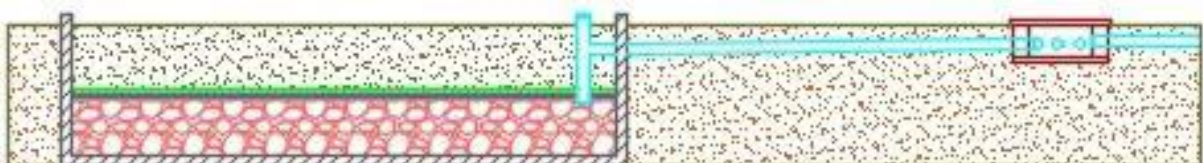
Figura 27 – Planta do sistema integrado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a quadra chuvosa, de janeiro a maio (FUNCEME, 2017), o esgoto doméstico será direcionado exclusivamente para a B.E.T., sendo aplicado na base do sistema, preenchendo a câmara bioesséptica de pneus, extravasando pelas aberturas nas laterais e iniciando a depuração por fluxo ascendente em contato com os diferentes perfis de substrato que preenchem a B.E.T. (Figura 28).

Figura 28 – Sistema de bacia de evapotranspiração.



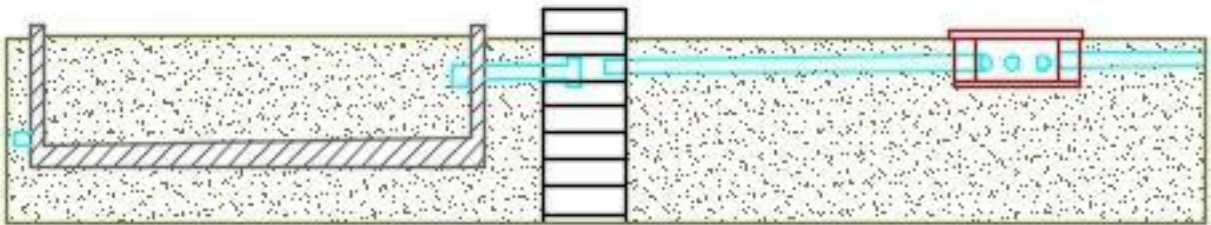
Fonte: Elaborado pelo autor.

No período seco, de junho a dezembro (FUNCEME, 2017), o efluente séptico será direcionado unicamente para os canteiros, sendo aplicado subsuperficialmente a 0,30 m da



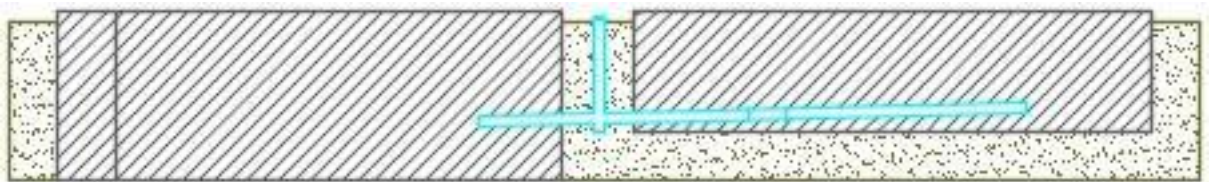
superfície, percolando os perfis de solo e sendo depurado por gravidade, a uma inclinação de 2% (Figura 29). Na saída de cada canteiro foram instalados drenos com a inclinação de 1%, que direcionam o efluente tratado, quando houver, para o reuso na bacia de evapotranspiração (Figura 30).

Figura 29 – Sistema de disposição no solo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 – Integração dos sistemas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6 ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO

Com a implantação do projeto, o esgoto doméstico produzido pelos habitantes do térreo irá diminuir a carga de uma das fossa-sumidouro. A eficiência no tratamento e análise das técnicas construtivas utilizadas serão realizadas em estudos posteriores. Os processos produtivos, construtivos, o contexto do cientista ambiental e os recursos financeiros utilizados estão enunciados em súpula no presente capítulo.

### 6.1 Bambu-cimento

Até a conclusão deste trabalho não foram observados danos estruturais. Os canteiros foram construídos dentro dos objetivos propostos, mas com algumas imperfeições nas paredes devido ao manejo experimental de madeirites no processo de cimentação, o que demandou uma quantidade maior de argamassa e deixou as paredes mais espessas, o que diminuiu a área interna de cada módulo em cerca de  $0,24 \text{ m}^2$  e pode gerar uma sobrecarga volumétrica de  $0,18 \text{ m}^3$  ou 180 l de esgoto. Esse excedente, se houver, será reutilizado para alimentar a B.E.T., integrada aos canteiros como disposição final do efluente tratado (Figura 31). Os dutos de coleta instalados entre os canteiros e a B.E.T. irão colher amostras para análise do efluente tratado.

Figura 31 – Canteiros de bambu-cimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.



## 6.2 Ferrocimento

Os módulos de ferrocimento, que inclui dois canteiros e a B.E.T. alcançaram os objetivos propostos, porém com leves imperfeições estruturais nas paredes devido à instabilidade mecânica do material, falta de experiência no manejo durante a cimentação com apoio de madeirites e pouca mão de obra. Análises posteriores irão revelar se haverá ou não comprometimento estrutural (Figuras 32 e 33).

Figura 32 – Canteiro de ferrocimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 – Bacia de evapotranspiração.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3 Tanques sépticos de pneus

Os tanques de pneus também atenderam os objetivos de instalação. Até o término deste documento não houveram imperfeições. O tempo de detenção hidráulica (TDH), a impermeabilização dos pneus utilizados, bem como seus impactos pelo contato direto do material com o solo e possíveis contaminações por substâncias liberadas no processo de decomposição do material no efluente serão analisadas posteriormente (Figura 34).

Figura 34 – Perspectiva dos tanques instalados no sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.4 Caixa de distribuição

A caixa de distribuição não foi um dos objetivos deste trabalho, pois é um item obrigatório nos instrumentos jurídicos sobre instalações de sistemas de tratamento de esgoto (Figura 35).



Figura 35 – Caixa de distribuição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.5 Sistema integrado de tratamento de esgoto

Ratificando os itens anteriores deste capítulo, a implantação do sistema possibilita que o esgoto doméstico, antes disposto em fossa-sumidouro, cuja literatura evidencia os riscos desse tipo de manejo, seja tratado em condições adequadas e sem perdas ou riscos ambientais externos, aproveitando o fluxo de energia ao máximo (Figura 36).

Figuras 36 – Sistema integrado concluído.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como mostrado anteriormente, o local utilizado no terreno para este projeto estava improdutivo, ocupado por gramíneas e sem cuidado. Este projeto introduz um ambiente de cultivo, produtivo, de convívio, aprendizado, movimento e, principalmente, educação ambiental. Os usuários são estimulados a melhorar sua relação com meio natural, cuidar da higiene sanitária, trabalhar com a terra, com os ciclos dos vegetais ornamentais, frutíferos, leguminosos, instigar práticas de agricultura familiar, mesmo que não supra as necessidades básicas para um ano (SANTAELLA *et al.*, 2004).

No ambiente urbano, os pequenos espaços podem ser aproveitados de maneira eficiente. O Cambéba é um bairro com poucas unidades atendidas pela rede coletiva de esgoto municipal, ou seja, muitas unidades ainda tratam seus dejetos de maneira inadequada. Este trabalho, mesmo que integrado, pode ser estabelecido de maneira separada, fazendo as devidas adequações. Como apresentando neste trabalho, a B.E.T. ocupa menor área e, para locais com sistema TS, basta incluir o meio filtrante. Os canteiros exigem uma área horizontal maior, mas podem se adequar usando a criatividade para a reutilização do efluente tratado, como irrigação por recirculação ou bombeamento para irrigação ou sistemas de lavagem que não haja contato direto com humanos.

## **6.6 Processo construtivo**

A execução deste trabalho teve início no segundo semestre do ano de 2014 e se estendeu ao primeiro semestre de 2017 devido as condições de mão de obra, financeiras e climáticas, bem como o período de tratamento do bambu, que levou alguns meses.

A escavação foi uma etapa que gerou desconforto aos moradores da casa, pois levantou muita poeira e, devido ao sentido preferencial dos ventos, parte dela entrou na residência, afetando, principalmente, aqueles com problemas respiratórios. Para uma obra nessas proporções, é recomendada a escavação no final da quadra chuvosa, pois o solo estará úmido e não irá levantar tanta poeira, além de facilitar a escavação, principalmente no horizonte argiloso do solo.

A utilização do bambu como meio de suporte para a construção dos canteiros foi uma alternativa de fácil manuseio, mas requer certa mão de obra, pois o processo de corte, impermeabilização e amarração das varas para formar a grade demanda tempo, visto as dimensões do projeto; e com poucos dias os nós de sisal afrouxaram, sendo necessário refazê-los, o que pode ser solucionado com o aumento da mão de obra ou a substituição do sisal por outro tipo de corda. Devido à pouca aderência com o cimento, é recomendável impermeabilizar

as varas ou utilizar um meio de suporte, como madeirites, para melhor fixação entre os materiais. Não é necessário usar a tela de galinheiro, foi uma forma de aproveitar os excessos reforçando as estruturas remanescentes. O tratamento das varas foi feito por processo físico, onde estas foram alocadas horizontalmente, acima do solo, e deixadas na sombra por seis meses, protegidas da ação de insetos. Após os cortes foi feito o tratamento químico em cerca de metade das varas, com aplicação de piche para impermeabilização e maior aderência com o cimento.

As malhas de ferro também se mostraram alternativas de fácil manuseio e, por serem pré-moldadas de fábrica, a instalação foi rápida. Contudo, demanda maior mão de obra do que o bambu, pois as grades são flexíveis, instáveis e necessitam de um esforço coletivo para manter a estrutura rígida na concretagem e cimentação.

A reutilização e manejo dos pneus foi um processo que gerou desconforto naqueles que executaram o projeto, como nos habitantes da residência, pois os cortes realizados demandaram muita fumaça, um odor forte e desagradável, além de tóxico.

## **6.7 O contexto do cientista ambiental**

O caráter multidisciplinar que envolve este projeto, desde a sua concepção, embasamento, até as possibilidades que podem surgir futuramente, colocam o cientista ambiental como clínico dos diferentes atores que influenciam relações as socioambientais a partir da observação, análise, criação e gestão conjunta dos componentes do todo.

Aspectos como o manejo do solo e da água, o tratamento de efluentes, o manejo de materiais ecológicos, o reuso de materiais descartáveis (alguns persistentes quanto ao tempo de degradação natural), a matemática dos cálculos, as futuras análises microbiológicas, de produtividade vegetal, produção de gases e o incentivo a práticas de educação ambiental, presentes no projeto, são desafios na elaboração e gestão de políticas públicas voltadas ao meio ambiente, principalmente no espaço urbano.

Compreender e interpretar as condicionantes naturais e as externalidades causadas pela ação humana de maneira integrada é papel fundamental do cientista ambiental, que, a partir desse preceito, é capaz de conectar as diferentes áreas do conhecimento na tentativa de contribuir para o estado hígido do ambiente e conservação dos recursos para futuras gerações.

## 6.8 ORÇAMENTO

Os recursos financeiros utilizados neste trabalho foram todos próprios, de iniciativa particular. Os materiais utilizados, a mão-de-obra contratada e o tempo estimado para execução do projeto estão discriminados no Quadro 7 a seguir:

Quadro 7 – Orçamento para a execução do projeto.

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Bambu	m	20	não se aplica	não se aplica
Sisal	150 m	5	R\$ 10,00	R\$ 50,00
Cimento		40	R\$ 20,00	R\$ 800,00
Brita	m <sup>3</sup>	3	R\$ 110,00	R\$ 330,00
Saco de brita		4	R\$ 4,90	R\$ 19,60
Areia grossa	m <sup>3</sup>	6	R\$ 68,00	R\$ 408,00
Saco de areia		8	R\$ 4,40	R\$ 35,20
Arisco	m <sup>3</sup>	2,5	R\$ 50,00	R\$ 125,00
Tijolo branco		20	R\$ 0,25	R\$ 5,00
Tubos 100 mm	m	64	R\$ 11,00	R\$ 704,00
Conexões 100 mm		20	R\$ 3,78	R\$ 75,60
Adesivo pvc bisnaga 75 g	g	1	R\$ 4,30	R\$ 4,30
CAP		16	R\$ 5,56	R\$ 88,96
Tela de ferro 15 x 15 - 3,4 mm		6	R\$ 50,70	R\$ 304,20
Treliça 6/4 - 3,4 mm		4	R\$ 13,17	R\$ 52,68
Arame recozido n° 18	Kg	2	R\$ 4,74	R\$ 9,48
Tela de galinheiro 12,5 mm n° 22	m	2	R\$ 200,00	R\$ 400,00
Carrinho de mão		2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
Mão de obra - diária 8 h	dia	35	R\$ 100,00	R\$ 3.500,00
Valor total para o desenvolvimento do projeto				R\$ 7.112,02

Fonte: Elaborado pelo autor.

Devido as dimensões deste trabalho, o orçamento teve um alto custo de implantação, haja visto que foram desenvolvidos cinco módulos de tratamento, quatro tanques sépticos e uma caixa de distribuição, além da metragem de tubulação utilizada, a qual foi estabelecida pela distância da caixa de passagem, local do desvio do esgoto, para o local de implantação do sistema, cerca de 30 m; e pela integração dos sistemas em si.

O valor relacionado ao custo de mão de obra pode ser reduzido ou zerado caso haja disponibilidade por parte de voluntários a ajudar na execução da obra, cuja parte mais pesada é a escavação, estimada em sete dias para este projeto, dois para a B.E.T. e quatro para os canteiros. Foi contratado um trabalhador fixo e dois voluntários se revezaram no serviço.

O tempo estimado de execução é cerca de 35 dias, sendo uma semana para a escavação e nivelamento do terreno, uma semana para construção da B.E.T. e duas semanas para os canteiros. Os últimos cinco dias são para instalação da tubulação e acabamentos, como realocar a terra escavada no sistema. Essa estimativa pode variar de acordo com cada situação.

Considerando o valor dos materiais sem a mão de obra, o projeto custou R\$ 3.612,02. Para atender uma família com quatro usuários, pode-se estipular cerca de dois terços dos custos na implantação para os canteiros, cerca de R\$ 2.400,00, e um terço para a B.E.T., cerca de R\$ 1.200,00, sendo necessário avaliar cada situação e adequação do local para o melhor aproveitamento dos materiais, mão de obra necessária e consequente racionamento de custos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisar a evolução histórica das ações sanitárias praticadas pela humanidade e sua relação com as formas de uso e ocupação desordenada do solo no desenvolvimento das urbes fundamenta a necessidade de um manejo sustentável e descentralizado na gestão dos efluentes domésticos, a partir de técnicas alternativas de tratamento que possam atender, de maneira eficiente, os locais que são desprovidos de saneamento básico ou atendidos por sistemas inadequados que pouco evoluíram ao longo dos séculos, como as fossas-sumidouro.

A investigação bibliográfica levantada neste trabalho considera que o sistema de tratamento de esgotos por disposição no solo é uma técnica comprovadamente eficiente e a bacia de evapotranspiração é uma técnica experimental recente de tratamento de efluentes, com crescente embasamento científico na busca do manejo sustentável das relações socioambientais que envolvem políticas de saneamento básico, introduzidas, neste trabalho, no espaço urbano como alternativas para mitigar o tratamento e disposição final impróprios do esgoto doméstico.

Os módulos desenvolvidos atenderam os objetivos propostos, apesar das imperfeições estruturais. Os materiais utilizados, como o bambu e o ferro se mostraram de fácil manuseio, porém requerem certa mão de obra, tendo em vista as especificidades de cada um. O processo de implantação gerou alguns contratemplos que fizeram com que a execução fosse lenta, mas que com o planejamento correto o tempo estimado é reduzido para cerca de um mês.

Integrar os sistemas implantados é o início de um processo de análises que irá confirmar ou não a eficiência de tratamento do sistema e a viabilidade técnica na implantação de alternativas individuais descentralizadas do poder público em ambientes urbanos, cujos espaços são reduzidos e mal aproveitados.

O cientista ambiental tem um papel fundamental na elaboração de projetos como este, já que a multidisciplinaridade que envolve os diversos atores presentes exige uma análise integrada do todo, a partir de alternativas eficientes e sustentáveis.

Portanto, dividir a responsabilidade com quem produz o esgoto é uma possibilidade na elaboração de *políticas públicas* eficientes no que tange o manejo sustentável dos recursos e conservação do equilíbrio nas relações socioambientais e suas externalidades. E ainda, acrescenta-se a importância da construção desse conceito para a seara acadêmica no que compreende o desenvolvimento científico e tecnológico nos temas que envolvem ações de saneamento ambiental.

## REFERÊNCIAS

ABIKO, Alex Kenya; ALMEIDA, Marco Antonio Plácido de; BARREIROS, Mario Antônio Ferreira. **Urbanismo: História e Desenvolvimento**. São Paulo: Epup, 1995. 47 p. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT\\_00016.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00016.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2017.

ALBACH, Dulce de Meira; RAZERA, Dalton Luiz; ALVES, Jorge Lino. Design para a sustentabilidade e a relação histórica das embalagens com questões ambientais. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p.45-52, abr. 2016. Semestral. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1295/643>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

ANAIS DO MUSEU PAULISTA., 2012, São Paulo. **Os primórdios da organização do espaço territorial e da vila cearense: algumas notas**. [s.i.]: Usp, 2012. 30 p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/anaismp/v20n1/v20n1a06.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

ANDRADE, Hered de Souza. **Pneus inservíveis: alternativas possíveis de reutilização**. 2007. 100 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia293475.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5668**: Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação – Requisitos. Rio de Janeiro: Moderna, 2010. 15 p. Disponível em: <[http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: Moderna, 1993. 15 p. Disponível em: <[http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

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: Moderna, 1997. 60 p. Disponível em: <[http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](http://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: Moderna, 1999. 74 p. Disponível em: <[http://mz.pro.br/autocad/NBR\\_8160.pdf](http://mz.pro.br/autocad/NBR_8160.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2015.

BARRETO, Flávio Ataliba F. D.; MENEZES, Adriano Sarquis Bezerra de (Org.). **Desenvolvimento econômico do Ceará: Evidências Recentes e Reflexões**. Fortaleza: Ipece, 2014. 402 p.

BARROS, Karla Torquato dos Anjos. **A varíola ficou morando na capital: Idéias e práticas médicas representadas mediante manifestação da doença em Fortaleza (1891-1901)**. 2011. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <<http://www.uece.br/mahis/dmdocuments/karla.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.



BENJAMIN, Amboko Muhiwa. **Bacia de evapotranspiração: tratamento de efluente s doméstico s e de produção de alimentos.** 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Lavras, 2002. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1701/3/DISSERTACAO\\_Bacia de evapotranspiração.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1701/3/DISSERTACAO_Bacia%20de%20evapotranspiracao.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2017.

BENTO, Victor Régio da Silva. **Centro e periferia em Fortaleza sob a ótica das disparidades na infraestrutura de saneamento básico.** 2011. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Centro de Ciências e de Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em: <[http://www.uece.br/mag/dmdocuments/victor\\_regio\\_dissertacao.pdf](http://www.uece.br/mag/dmdocuments/victor_regio_dissertacao.pdf)>. Acesso em: 25 nov. 2017.

BERNARDES, Fernando Silva. Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (TEvap). **Revista Especialize**, [s.i.], v. 1, n. 7, p.1-17, jul. 2014. Semestral. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=avaliacao-do-tratamento-domiciliar-de-aguas-negras-por-um-tanque-de-evapotranspiracao-tevap-114161310.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BOOGAARD, Raquel van Den. **Estudo da viabilidade técnica do uso do bambu laminado colado na construção civil.** 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6890/1/CM\\_COECI\\_2016\\_1\\_27.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6890/1/CM_COECI_2016_1_27.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2017.

BRAGA, Débora Coting; ARRANZ, Flávia Aguiar; CAMINHOLA, Patrícia Felipe. **Construções de bambu: Análise estrutural de um edifício de bambu.** 2011. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.

BRASIL. Constituição (2007). Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2. **Lex.** p. 1-19. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde (Org.). **Manual de Saneamento: Orientações técnicas.** Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/pos-graduacao/funasa-manual-saneamento.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde (Org.). **Manual de Saneamento: Fundação Nacional de Saúde,** 2015. 642 p. Disponível em: <[https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa\\_funasa\\_gov\\_br/Documents/Biblioteca\\_Eletronica/Engenharia\\_de\\_Saude\\_Publica/eng\\_saneam2.pdf?slrid=05fe309e-40ca-4000-af6a-c7786adad91f](https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/Documents/Biblioteca_Eletronica/Engenharia_de_Saude_Publica/eng_saneam2.pdf?slrid=05fe309e-40ca-4000-af6a-c7786adad91f)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BRASIL. Márcio Antônio Moreira Galvão. Ministério da Saúde. **Origem das políticas de saúde pública no Brasil: do Brasil-colônia a 1930.** Ouro Preto: Ufop, 1989. 33 p. Disponível em: <[http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/origem\\_politicas\\_saude\\_publica\\_brasil.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/origem_politicas_saude_publica_brasil.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.



BRASIL. Ministério da Saúde. **Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: Algumas práticas e vivências.** Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014. 80 p.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente. (Org.). **Curso de Bioconstrução.** Brasília: Mma, 2008. 64 p.

BRASIL. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (Org.). **A ONU e a água.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Ministério das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015.** Brasília: Snsa/mcidades, 2017. 212 p.

CEARÁ. **Lei Complementar Nº 162, de 20 de Junho de 2016.** 2016. Disponível em: <<http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Lei-Complementar-n%C2%BA162-2016-Cria-a-Pol%C3%ADtica-Estadual-de-Abastecimento-de-%C3%81gua-e-Esgotamento-Sanit%C3%A1rio-no-Estado-do-Cear%C3%A1.pdf>> Acesso em 17 mai. 2017.

CLEYBER NASCIMENTO DE MEDEIROS (Brasil). **Perfil Municipal de Fortaleza.** Fortaleza: Ipece, 2012. 20 p. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/informe/Ipece\\_Informe\\_44\\_12\\_novembro\\_2012.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/informe/Ipece_Informe_44_12_novembro_2012.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2017.

COLARES, Carla Joviana Gomes; SANDRI, Delvio. Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. **Revista Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [s.i.], v. 8, n. 1, p.172-185, jan. 2013. Trimestral. Disponível em: <[http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/1047/pdf\\_802](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/1047/pdf_802)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

COSTA, Aline Pacheco. **Estudo de tecnologias sociais visando o tratamento de esgoto doméstico de unidade familiar:** Assentamento Nova São Carlos. 2014. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de SÃO Paulo, São Carlos, 2014.

COSTA, Maria Clelia Lustosa. O discurso higienista definindo a cidade. **Mercator**, Fortaleza, v. 12, n. 29, p.51-67, set. 2013. Quadrimestral. Disponível em: <[www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1226/522](http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1226/522)>. Acesso em: 17 nov. 2017.

COUTO, Jorge. O Brasil pombalino. **Camões: Revista de Letras e Culturas Lusofonas**, [s. L.], p.53-74, jan. 2003. Semestral. Disponível em: <<http://cvc.instituto-camoes.pt/conhecer/biblioteca-digital-camoes/revistas-e-periodicos/revista-camoes/revista-no15-16-marques-de-pombal/1496-1496/file.html>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

DANTAS et al. Amostras dos solos em diferentes ambientes: litoral, serra e sertão (Ceará, Brasil). In: QUINTA-FERREIRA, Mario et al. **Para desenvolver a Terra: memórias e notícias de geociências no espaço lusófono.** Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012. p. 125-130. Disponível em: <[https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/31433/1/12-Para\\_desenvolver\\_a\\_terra\\_artigo.pdf](https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/31433/1/12-Para_desenvolver_a_terra_artigo.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2017.

DIAS, Alexandre Pessoa; ROSSO, Thereza Christina de Almeida; GIORDANO, Gandhi.

**Série Temática:** Recursos Hídricos e Saneamento – Volume 2. Rio de Janeiro: Coamb / Fen / Uerj, 2012. 133 p. Disponível em: <<http://www.coamb.eng.uerj.br/download/coamb-RHS-Volume2.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme (Org.). **Bambus no Brasil : da biologia à tecnologia**. Rio de Janeiro: Ich, 2017. 655 p.

EMBRAPA (Brasil) (Org.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/horizontes-diagnosticos/subsuperficiais>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

ENCONTRO DE GEÓGRAFOS BRASILEIROS, 16, 2010, Porto Alegre. **O problema da falta de saneamento básico na área rural do município de Irati/PR e a implementação das fossas biodigestoras como alternativa**. [s. L.]: Encontro de Geógrafos Brasileiros, 2010. 10 p. Disponível em: <<http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=4255>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14., 2009, Vale do Paraíba. **Reutilização e reciclagem de pneus, e os problemas causados por sua destinação incorreta**. [s.i.]: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 2009. 5 p. Disponível em: <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2010/anais/arquivos/0908\\_0988\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0908_0988_01.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2017.

FORTALEZA. Alexandre Lira Cavalcante. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil socioeconômico de Fortaleza**. 2012. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Perfil\\_Socioeconômico\\_Fortaleza\\_final-email.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Perfil_Socioeconômico_Fortaleza_final-email.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2017.

FORTALEZA. **Lei complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009**. Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências. 2009. Disponível em: <[http://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/portal/legislacao/Alvara\\_Construcao/Lei\\_Complementar\\_062\\_de\\_02\\_de\\_Fevereiro\\_de\\_2009.pdf](http://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/portal/legislacao/Alvara_Construcao/Lei_Complementar_062_de_02_de_Fevereiro_de_2009.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2017.

FRANCO, Ana Cláudia Ribeiro et al. Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo pelo método de escoamento superficial. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, [s.i.], v. 7, n. 2, p.391-411, maio 2014. Quadrimestral. Disponível em: <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/viewFile/2763/2332>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

FUCK JÚNIOR, Sérgio César de França. Aspectos históricos da expansão urbana no sudeste do município de Fortaleza, Ceará - Brasil. **Caminhos de Geografia**, [s.i.], v. 5, n. 13, p.141-157, ago. 2004. Mensal. Disponível em: <[www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15358/8657](http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15358/8657)>. Acesso em: 22 nov. 2017.

GALBIATI, Adriana Farina. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GALKA, Max. **Half the World's Population Lives in Just 1% of the Land.** 2016. Disponível em: <<http://metrocosm.com/world-population-split-in-half-map/>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

HENDERSON, Danielle Freitas. **Permacultura: as técnicas, o espaço, a natureza e o homem.** 2012. 87 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Sociais, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/3408/1/2012\\_DanielleFreitasHenderson.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/3408/1/2012_DanielleFreitasHenderson.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2017.

HOLMGREN, David. **Os Fundamentos da Permacultura.** [s.i]: Holmgren Design Services, 2007. 13 p.

HOSSEINI, Mahsa Madani; SHAO, Yixin; WHALEN, Joann K.. Biocement production from silicon-rich plant residues: Perspectives and future potential in Canada. **Biosystems Engineering.** Quebec, p. 351-482. dez. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/15375110/110/4>>. Acesso em: 28 jun. 2015. KANIKADAN, Paula Yuri Sugishita; MARQUES, Maria Cristina da Costa. Uma trajetória dos profissionais de saúde ingleses, 1815-1858. **História, Ciências, Saúde-manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p.29-47, jan. 2013. Trimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v20n1/03.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

IBGE (Brasil) (Org.). **Índice de Desenvolvimento Humano Bairros Fortaleza.** [s.i]: Ibge, 2010. Disponível em: <<http://www.anuariodoceara.com.br/indice-bairros-fortaleza/>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL (Brasil) (Org.). **Saneamento básico e modernidade.** 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-basico-e-modernidade>>. Acesso em: 12 ago. 2017.

JOMERTZ, Julio Cesar dos Santos; LANZER, Lúcia Moreira. **Projeto do sistema individual de tratamento de esgoto doméstico (sited - 08).** Disponível em: <<http://iwra.org/congress/resource/PAP00-5662.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

JUCÁ NETO, Clovis Ramiro. **A urbanização do Ceará setecentista: As vilas de Nossa Senhora da Expectação do Icó e de Santa Cruz do Aracati.** 2007. 531 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007. Disponível em: <[http://pct.capes.gov.br/teses/2007/969074\\_5.PDF](http://pct.capes.gov.br/teses/2007/969074_5.PDF)>. Acesso em: 21 nov. 2017.

KNAPIK, Heloise Garcia. **Sistema de tratamento individual de esgoto sanitário.** Disponível em: <[https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH030/Aula\\_22\\_Fossa\\_septica.pdf](https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH030/Aula_22_Fossa_septica.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2017.

LIMA, Arnaldo Ribeiro C. **Ferrocimento Artesanal.** Disponível em: <<http://tecnologiasapropriadas.com.br/ferrocimento-ultima-versao.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2017.

LIMA JÚNIOR, Humberto C.; WILLRICH, Fábio L.; FABRO, Gilmar. Vigas de concreto

reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. II: Modelagem e critérios de dimensionamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.i.], v. 9, n. 4, p.652-659, jan. 2005. Anual. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v9n4/v9n4a32.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

LOPES, Thiara Reis. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes**. 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Ambientais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1285/1/MD\\_PPGTAMB\\_M\\_Lopes,ThiaraReis\\_2015.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1285/1/MD_PPGTAMB_M_Lopes,ThiaraReis_2015.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

LUCCA, Paulo H. de. **A problemática do Saneamento, soluções, conceitos e técnicas**. [s.i]: Escola da Unidade, 2016. 23 p.

LUCCA, Paulo H. de. **Saneamento Ecológico e permacultura em comunidade de baixa renda: A simplicidade a favor da humanidade**. [s.i]: Ecovida, 2013. 62 p. Disponível em: <<https://ecovidaindia.files.wordpress.com/2013/09/rascunho.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

MARRIOTT, Emma. **A história do mundo para quem tem pressa: Mais de 5 mil anos de história resuçados em 200 páginas**. [s.i]: Valentina, 2015. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=a-ZBCwAAQBAJ&pg=PT19&hl=pt-BR&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=3#v=onepage&q=saneamento&f=false](https://books.google.com.br/books?id=a-ZBCwAAQBAJ&pg=PT19&hl=pt-BR&source=gbs_selected_pages&cad=3#v=onepage&q=saneamento&f=false)>. Acesso em: 17 dez. 2017.

MATOS, Ralfo. A discussão do antiurbanismo no Brasil colonial. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p.40-55, dez. 2011. Semestral. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/download/547/418>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo: Do neolítico à crise contemporânea**. Brasília: Unesp, 2010. 568 p.

MIRANDA, Sérgio José Freire de. **Planos municipais de saneamento básico como instrumento de garantia do princípio de universalização de acesso ao saneamento básico o caso de municípios cearenses com menos de 20 mil habitantes: UMA QUESTÃO EM XEQUE**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Avaliação de Políticas Públicas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014. Disponível em: <<http://www.mapp.ufc.br/images/documentos/dissertacoes/2014/SERGIO.JOSE.FREIRE.DE.MIRANDA.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

MONTESUMA, Francisca Gomes *et al.* Saúde pública no Ceará: uma sistematização histórica. **Cadernos Esp**, [s.i.], v. 2, n. 1, p.6-19, jan. 2006. Semestral. Disponível em: <<http://www.esp.ce.gov.br/cadernosesp/index.php/cadernosesp/article/viewFile/10/8>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

MURTHA, Ney Albert; CASTRO, José Esteban; HELLER, Léo. UMA PERSPECTIVA histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. , n. 3, p.193-210, jul. 2015. Trimestral. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n3/1809-4422-asoc-18-03-00193.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

NATALIN JUNIOR, Osvaldo. **Avaliação das valas de filtração como método de pós-tratamento de efluentes anaeróbios**. 2002. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002. Disponível em: <[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258379/1/NatalinJunior\\_Osvaldo\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258379/1/NatalinJunior_Osvaldo_M.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2017.

NETTO, A.p.oliveira et al. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Produção e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p.103-113, set. 2015. Quadrimestral. Disponível em: <[revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/download/101/114](http://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/download/101/114)>. Acesso em: 27 nov. 2017.

NEVES, Eduardo Góes. **Arqueologia da Amazônia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006. 88 p.

OLIVEIRA, Claiton Sommariva de; Vito, Márcio. **Substituição total do aço, usando bambu como armadura de combate a flexão em vigas de concreto**. 2012. 12 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1535/1/Claiton\\_Sommariva\\_de\\_Oliveira.pdf](http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1535/1/Claiton_Sommariva_de_Oliveira.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2017.

OLIVEIRA, G. (Brasil). **Ranking do saneamento**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2017. 122 p. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

OREIRA, Paula P Atrícia T Amares M. **Diagnóstico urbano da infraestrutura de saneamento básico da cidade de Anápolis, GO: subsídios para políticas públicas**. 2015. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, Unievangélica, Anápolis, 2015. Disponível em: <[http://www.unievangelica.edu.br/files/images/Paula\\_Patricia\\_Tavares\\_Moreira.pdf](http://www.unievangelica.edu.br/files/images/Paula_Patricia_Tavares_Moreira.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2017.

PAGANINI, Wanderley da Silva. **Disposição de Esgotos no Solo**. São Paulo: Fundo Editorial da Aesabesp, 1997. 232 p.

PAULO, Paula Loureiro; BERNARDES, Fernando Silva. **Estudo de tanque de evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras**. Disponível em: <[http://sustentavelna pratica.net/arquivos/estudo\\_fossa\\_evapotranspiracao.pdf](http://sustentavelna pratica.net/arquivos/estudo_fossa_evapotranspiracao.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2017.

POTRATZ, Vanderlei Domingos. **Implantação de um sistema de tratamento de esgoto domiciliar por evapotranspiração no parque nacional do Iguaçu - Foz do Iguaçu/PR**. 2010. 61 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, União Dinâmica de Faculdades Cataratas, Foz do Iguaçu, 2010.

PRADO, Hélio do. **Solo ideal, existe?** Disponível em:

<[http://www.pedologiafacil.com.br/artig\\_1.php](http://www.pedologiafacil.com.br/artig_1.php)>. Acesso em: 26 jun. 2017.

PROJETO do Município beneficia agricultores familiares. 2014. Disponível em:

<<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=noticia&id=7310>>. Acesso em: 03 dez. 2017.

QUADRA chuvosa: Ceará fica dentro da média histórica em 2017. 2017. Disponível em:

<<http://www.funceme.br/index.php/comunicacao/noticias/805-quadra-chuvosa-ceara-fica-dentro-da-media-historica-em-2017#todospelaagua2>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

RIBEIRO, Helena; VARGAS, Heliana Comin. Urbanização, globalização e saúde. **Revista Usp**, São Paulo, v. 0, n. 107, p.13-26, 17 dez. 2015. Trimestral. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i107p13-26>. Disponível em:

<<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/115110/112815>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

PEDROZO JÚNIOR, Hélio Ailton. **Estudo de economicidade de sistema individual de esgoto frente ao convencional**. 2016. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em:

<[https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO\\_DE\\_ECONOMICIDADE\\_DE\\_SISTEMA\\_INDIVIDUAL\\_DE\\_ESGOTO\\_FRENTE\\_AO\\_CONVENCIONAL..pdf](https://www.eec.ufg.br/up/140/o/ESTUDO_DE_ECONOMICIDADE_DE_SISTEMA_INDIVIDUAL_DE_ESGOTO_FRENTE_AO_CONVENCIONAL..pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

PITERMAN, Ana; GRECO, Rosângela Maria. A água seus caminhos e descaminhos entre os povos. **Revista de Atenção Primária à Saúde**, Juiz de Fora, v. 8, n. 2, p.151-164, jul. 2005. Semestral. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nates/files/2009/12/agua.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

PONTES, Lana Mary Veloso de. **Formação do território e evolução político-administrativa do Ceará**: a questão dos limites municipais. Fortaleza: Ipece, 2010. 92 p. Disponível em:

<[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Formacao\\_Territorio\\_Evolucao\\_Politico\\_Administrativa\\_Ceara\\_Questao\\_Limites\\_Municipais.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Formacao_Territorio_Evolucao_Politico_Administrativa_Ceara_Questao_Limites_Municipais.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2017.

RIBAS, Teresa Blandina Castro; FORTES NETO, Paulo. Disposição no solo de efluente de esgoto tratado visando a redução de coliformes termotolerantes. **Revista Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [s.i.], v. 3, n. 3, p.81-94, jan. 2008.

Disponível em: <[www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/104/218](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/104/218)>. Acesso em: 27 nov. 2017.

RIBEIRO, Helena; VARGAS, Heliana Comin. Urbanização, globalização e saúde. **Revista Usp**, São Paulo, p.13-26, out. 2015. Trimestral. Disponível em:

<<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/viewFile/115110/112815>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/TCC-SaneamentoeSaude.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

RUTKOWSKI, Emília et al (Org.). **Características do esgoto sanitário**. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/esgotocaracteristicas.htm>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

SANTAELLA, Sandra Tédde et al. Disposição no solo como alternativa de tratamento e pós-tratamento de esgoto doméstico para pequenas comunidades. In: BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública: Estudos e pesquisas**. Brasília: Funasa, 2004. Cap. 6. p. 165-194.

SANTAELLA, Sandra Tédde et al. **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: Núcleo de Audiovisual e Multimeios, 2014. 232 p.

SANTOS, Ricardo V.; COIMBRA JUNIOR, Carlos E. A. (Org.). **Saúde e Povos Indígenas**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994. 251 p. Disponível em: <<https://static.scielo.org/scielobooks/wqffx/pdf/santos-9788575412770.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

SCHÜRMAN, Betina. Urbanização colonial na América Latina: cidade planejada ver sus desleixo e caos. **Textos de História**, Brasília, v. 7, n. 1-2, p.149-178, dez. 1999. Semestral. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/textos/article/view/5899/4878>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

SILVA, José Borzachiello da. Formação socio-territorial urbana de Fortaleza. In: SILVA, José Borzachiello da. **Os Incomodados não se Retiram**. [s.i]: Multigraf, 1992. p. 21-70. Disponível em: <[http://www2.fct.unesp.br/nera/usorestrito/borzachiello\\_silva2.pdf](http://www2.fct.unesp.br/nera/usorestrito/borzachiello_silva2.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2017.

SILVA, Maria Cristina de Almeida; MONTEGGIA, Luiz Olinto; CATANEO, Indianara. Avaliação da qualidade microbiológica de efluentes sanitários tratados por sistemas de lodos ativados. **Revista Caderno Pedagógico**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.257-266, 8 jun. 2017. Anual. Editora Univates. <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1499>. Disponível em: <<http://univates.br/revistas/index.php/cadped/article/download/1499/1180>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 27., 2013, Natal. **As transformações urbanas e o papel da Intendência de Polícia no Rio de Janeiro joanino**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013. 19 p. Disponível em: <[http://www.snh2013.anpuh.org/resources/anais/27/1371305837\\_ARQUIVO\\_TextoAnpuhNatal-2.pdf](http://www.snh2013.anpuh.org/resources/anais/27/1371305837_ARQUIVO_TextoAnpuhNatal-2.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

SOARES, Joyce Aristercia Siqueira et al. Impactos da urbanização desordenada na saúde pública: leptospirose e infraestrutura urbana. **Polêmica**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p.1006-1020, jan. 2014. Bimestral. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/9632/7591>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

SOUZA, Andressa Martinelli de. **Os diversos usos do bambu na construção civil**. 2014. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5872/1/CM\\_COECI\\_2014\\_1\\_08.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5872/1/CM_COECI_2014_1_08.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2017.

SOUZA, Lucas Menezes de. A corte portuguesa e o urbanismo colonial no Brasil. In: JORNADAS INTERESCUELAS/DEPARTAMENTOS DE HISTORIA, 14., 2013, Mendoza. **Acta Académica**. Mendoza: Departamento de Historia de La Facultad de Filosofía y Letras, 2013. p. 1 - 17. Disponível em: <<http://cdsa.academica.org/000-010/105.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

United Nations Human Settlements Programme. **Urbanization and development: emerging futures**. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2016. Disponível em: <<http://cdn.plataformaurbana.cl/wp-content/uploads/2016/06/wcr-full-report-2016.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

URBANIZAÇÃO acelerada e as questões ambientais no Brasil: Uma relação de sucesso ou fracasso? Disponível em: <[http://www.abep.org.br/~abeporgb/abep.info/files/trabalhos/trabalho\\_completo/TC-6-13-150-223.pdf](http://www.abep.org.br/~abeporgb/abep.info/files/trabalhos/trabalho_completo/TC-6-13-150-223.pdf)>. Acesso em: 17 mai. 2017.

VAN LENGEN, Johan. **Manual do arquiteto descalço**. Rio de Janeiro: Empório do Livro, 2004. 736 p.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 1ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WESTPHAL, Marcia Faria; OLIVEIRA, Sandra Costa. Cidades Saudáveis: uma forma de abordagem ou uma estratégia de ação em saúde urbana?. **Revista USP**, São Paulo, v. 107, n. 4, p.91-102, out. 2015. Trimestral. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/115117/112821>>. Acesso em: 22 nov. 2017.