

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

AVNER BEN VITÓRIA DUARTE

**ESTUDO DO CONCEITO *EARTHSHIP* EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
UNIFAMILIARES: Identificação das soluções técnicas brasileiras para
aplicação em Sistemas Hidrossanitários**

São Luís

2019

AVNER BEN VITÓRIA DUARTE

ESTUDO DO CONCEITO *EARTHSHIP* EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES: Identificação das soluções técnicas brasileiras para aplicação em Sistemas Hidrossanitários

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza

São Luís

2019

Duarte, Avner Ben Vitória.

Estudo de conceito earthship em edificações residenciais unifamiliares: identificação das soluções técnicas brasileiras para aplicação em sistemas hidrossanitários / Avner Ben Vitória Duarte. – São Luís, 2019.

87 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Rogério Frade da Silva Souza.

1.Sustentabilidade. 2.Edificações residenciais. 3.Sistemas hidrossanitários. I.Título

CDU: 696.1:[728.3:502.13]

AVNER BEN VITÓRIA DUARTE

ESTUDO DO CONCEITO *EARTHSHIP* EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES: Identificação das soluções técnicas brasileiras para aplicação em Sistemas Hidrossanitários

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para grau de bacharel em Engenharia Civil.

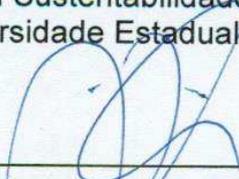
Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza

Aprovado em: 01/07/2019

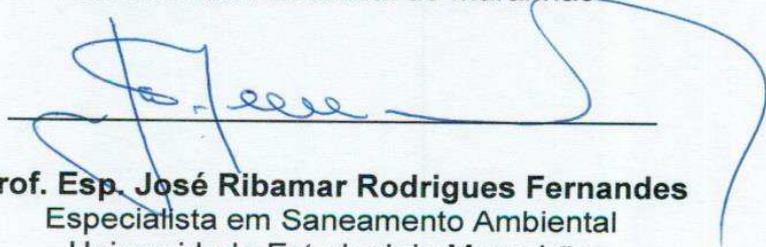
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza (Orientador)
Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sirio
Mestre em Engenharia Urbana
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Esp. José Ribamar Rodrigues Fernandes
Especialista em Saneamento Ambiental
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me conceder o dom da vida e pelas oportunidades e bênçãos.

Aos meus pais, Silas e Débora, pelo amor que têm por mim e por continuarem acreditando em meu potencial e sendo meu suporte.

As minhas irmãs, Jeannie e Jade, por terem me apoiado quando precisei e por terem aberto caminhos e trilhas para meu desenvolvimento.

A minha namorada, Talyta, por sempre me incentivar, entender, suportar e pelo companheirismo.

Aos amigos, dessa e de outras caminhadas, que se fizeram presentes, trazendo alegria e incentivo.

Ao Prof. Me Rogerio Frade, pela orientação, paciência, incentivo, participação e compreensão ao longo dessa percurso.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica concernente aos sistemas hidrossanitários em edificações residenciais unifamiliares na implantação do conceito *Earthship*. A sustentabilidade está cada vez mais sendo discutida, buscando soluções que permitam o equilíbrio entre o ambiental, o social e o econômico e adotando soluções e sistemas que atenuem os impactos ambientais, assumindo uma responsabilidade socioambiental. O conceito *Earthship*, foi desenvolvido voltado para sustentabilidade, com a premissa da edificação usar os recursos naturais a disposição e a utilização de materiais naturais e reciclados, proporcionando ainda tratamento interno as águas servidas. Os sistemas hidrossanitários têm sido mal utilizados, ao não coletar água da chuva e no descarte irregular de águas servidas, provocando um aumento no custo da distribuição de água potável e aumento de inundações em áreas urbanas e na poluição de corpos de água, respectivamente. Dessa maneira este trabalho objetiva identificar as soluções técnicas brasileiras nos sistemas hidrossanitários de edificações residenciais unifamiliares e utiliza-las na aplicação do conceito *Earthship*.

Palavras-chave: Sustentabilidade, edificações residenciais, Sistemas hidrossanitários.

ABSTRACT

The present work presents a literature review concerning hydrosanitary systems in a single-family home in the implantation of the Earthship concept. Sustainability is increasingly being discussed, seeking solutions that allow the balance between environmental, social and economical, adopting solutions and systems that attenuate the environmental impacts, assuming a socio-environmental responsibility. The Earthship concept, was developed based on sustainability, with the premise to build using natural and recycled materials, harvesting the natural resources available and providing internal sewage treatment. Hydrosanitary systems have been poorly used by not collecting rainwater and disposing irregularly wastewater, resulting in an increase in the cost of potable water distribution, increased flooding in urban areas and in the pollution of bodies of water, respectively. In this way, this work aims to identify Brazilian technical solutions in the hydrosanitary systems of single-family homes and uses them in the application of the Earthship concept.

Key words: Sustainability, residential buildings, hydrosanitary systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - GRAU DE COBERTURA GERAL DO PMCMV	19
FIGURA 2 - TRIPLE BOTTOM LINE.....	22
FIGURA 3 - VOLUME DE ÁGUA	31
FIGURA 4 - PIORES ÍNDICES DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO	31
FIGURA 5 - COBERTURA COLETORA E CISTERNA DE ARMAZENAMENTO	45
FIGURA 6 - MOA E RESERVATÓRIO PRESSURIZADO	45
FIGURA 7 - DETALHE DO MOA	46
FIGURA 8 - ÁGUAS CINZAS.....	47
FIGURA 9 - CÉLULA BOTÂNICA	48
FIGURA 10 - ÁGUAS NEGRAS	49
FIGURA 11 - ESQUEMA PROPOSTO POR BASTOS.....	55
FIGURA 12 - ESQUEMA PROPOSTO POR KEMERICH <i>ET AL.</i>	56
FIGURA 13 - ESQUEMA PROPOSTO POR FERRAZ E SILVA.....	57
FIGURA 14 - ESQUEMA PROPOSTO POR ERCOLE.....	60
FIGURA 15 - ESQUEMA PROPOSTO POR MAY	61
FIGURA 16 - ESQUEMA PROPOSTO POR KNUPP.....	62
FIGURA 17 - FLUXOGRAMA PARA ESCOLHA DA TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM COMUNIDADES ISOLADAS.....	63
FIGURA 18 - SÍNTESE DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS QUINZE TECNOLOGIAS SELECIONADAS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO DE COMUNIDADES ISOLADAS.....	64
FIGURA 19- FUNCIONAMENTO DE SISTEMA DE "FIRST FLUSH"	68
FIGURA 20 - ENTRADA DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO.....	68
FIGURA 21 - VÁLVULA QUE PREVINE O "BACKFLOW"	69
FIGURA 22 - TOMADA DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO	69
FIGURA 23 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZA POR KNUPP	73

LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 1 - Exemplos de parâmetros físico-químicos do Padrão de potabilidade da água para consumo humano – Anexo XX DA PC – MS Nº 05/2017	52
TABELA 1 - Tipos de tratamento de acordo com a utilização da água	53
TABELA 2 - Utilização da água de acordo com a área utilizada para coleta.....	53
TABELA 3 - Consumo residencial de água	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CESBA - Common European Sustainable Building Assessment (Avaliação Comum Europeia da Construção Sustentável)

CMMAD - Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

FGV - Fundação Getúlio Vargas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

LETI - Leito de evapotranspiração e infiltração

MOA - Módulo Organizador de Água

ONU - Organização das Nações Unidas

PERH - Política Estadual de Recursos Hídricos

PIB - Produto Interno Bruto

PMCMV - Programa Minha Casa Minha Vida

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

RIMA - Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente

SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SISEMA - Sistema Estadual do Meio Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SMSA - Sistema Modular com Separação de Águas

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UE - União Europeia

WCED - World Commission on Environment and Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos.....	15
1.3	METODOLOGIA	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	17
2.1.1	Construção e Habitação	18
2.2	SUSTENTABILIDADE	20
2.2.1	Conceito	21
2.2.2	Histórico.....	23
2.2.3	Situação atual.....	26
2.3	CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	28
2.3.1	Sistemas Hidrossanitários e Sustentabilidade.....	30
2.4	LEGISLAÇÃO E NORMAS RELATIVAS À CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	33
2.4.1	Legislação Federal	34
2.4.2	Legislação Estadual.....	38
2.4.3	Legislação Municipal	39
2.4.4	Regulamentações e Normas Técnicas.....	40
2.4.5	Regulamentação Internacional	42
2.5	PROJETO <i>EARTHSHIP</i> : EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES	43
2.5.1	Coleta e Aproveitamento de Água da Chuva.....	44

2.5.2	Tratamento e Reúso de Águas Cinzas	47
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1	SOLUÇÕES TÉCNICAS BRASILEIRAS PARA IMPLANTAÇÃO DO CONCEITO <i>EARTHSHIP</i>	50
3.1.1	Soluções de Coleta e Aproveitamento de Água da Chuva	50
3.1.2	Soluções de Tratamento e Reúso de Águas Cinzas	57
3.2	APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES TÉCNICAS BRASILEIRAS UTILIZANDO O CONCEITO <i>EARTHSHIP</i> EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES – SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS	65
3.2.1	Águas Pluviais	65
3.2.2	Águas Cinzas	71
4	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	75
	REFERENCIAL	78

1 INTRODUÇÃO

A construção civil está diretamente ligada à produção de obras. Sendo responsável por grande parte da economia brasileira, esse tipo de indústria produz impacto considerável no crescimento econômico, social e ambiental do país. O impacto gerado pode ser positivo ou negativo: positivo no que diz respeito à criação de empregos, possibilidade de moradias, infraestrutura e afins; e negativo em relação ao grande consumo de recursos naturais, além do elevado nível de produção de resíduos e de impactos ambientais. A partir deste fato, enfatiza-se a adoção de práticas e processos sustentáveis.

Entende-se por sustentabilidade o conjunto de ideias, estratégias e demais atitudes ecologicamente corretas, economicamente viáveis, socialmente justas e culturalmente diversas (JACOBI, 1999 apud MASSINE, 2010). É tida como uma opção para a garantia da sobrevivência dos recursos naturais do planeta. Aplicado à construção civil, o termo ganhou visibilidade na década de 1980, com o fundador do Wordwatch Institute, conceito este que se tornou um padrão mundial: “[...] uma sociedade sustentável é aquela que pode satisfazer as suas necessidades sem comprometer as chances de sobrevivência das gerações futuras” (BROWN, 1981 apud FEIL e SCHREIBER, 2017).

Apesar desse conceito parecer inalcançável, tem-se aumentado a busca por sistemas de gestão que procurem conciliar o desenvolvimento econômico, o social e o ambiental e o uso dos recursos de forma racional.

A construção sustentável relaciona-se à aplicação de práticas sustentáveis na construção civil, descrevendo a incumbência desta indústria no que tange ao conceito e objetivos da sustentabilidade, englobando as vertentes ambientais, econômicas e socioculturais.

Com base na construção sustentável, o arquiteto Michael Reynolds (1990) desenvolveu o conceito *Earthship*, que tem a proposta de suprir 6 (seis) necessidades para uma habitação: construir com materiais naturais e reciclados, controle de temperatura natural através do sol e de massa térmica, utilização de

energia solar e eólica, coleta e reúso de água da chuva, tratamento local do esgoto gerado e produção de comida.

No presente trabalho fora realizada pesquisa bibliográfica sobre Sistemas Hidrossanitários para Edificações Residenciais Unifamiliares utilizando soluções técnicas brasileiras, baseadas no conceito *Earthship* quanto à coleta e reúso de água da chuva e tratamento local do esgoto gerado. Posteriormente fora apresentado um sistema utilizando as soluções encontradas, partindo de uma ótica da sustentabilidade, pensando no econômico e ambiental.

1.1 JUSTIFICATIVA

Observamos o grande impacto que o setor da construção civil tem na economia do Brasil, tanto no que tange aos investimentos quanto no potencial de empregos gerados. Devido ao enorme déficit habitacional, aproximadamente 7,7 milhões de moradias (IBGE, 2015; VILLAS BOAS e CONCEIÇÃO, 2018), o setor continua movimentado apesar das retrações.

A Indústria da Construção continua utilizando mão de obra não qualificada e sistemas construtivos tradicionais, o que vem trazendo significativo impacto ambiental negativo, devido ao elevado consumo de recursos naturais e energéticos e uma produção elevada de resíduos.

Segundo Lauriano (2013, p. 2), cerca de 75% de todos os recursos naturais e 44% da energia produzida no país são consumidas pela construção civil em todos os seus estágios.

A indústria da construção civil globalmente consome cerca de 40% dos recursos minerais, 40% da energia, 16% da água (ROODMAND, 1995 apud BRAGANÇA; MATEUS, 2004, p. 1). Beltrame (2013, p. 1) afirma que as edificações consomem 40% de toda a energia produzida no mundo, geram anualmente cerca de 400 kg de entulho por habitante, valor quase igual ao de lixo urbano, e a produção de cimento gera de 8% a 9% de todo o CO² emitido no Brasil.

Devido à alta taxa de ocupação do solo e uso diversificado dos recursos minerais, principalmente no sul e sudeste do país, ocorre diminuição das jazidas disponíveis. Em São Paulo, as jazidas de areia mais próximas das construções se encontram a distâncias superiores a 100 km, que resulta em aumento do consumo de energia e gera mais poluição (ROTH e GARCIAS, 2009).

Portanto, observando esse contexto, percebe-se a necessidade de colocar em evidência a sustentabilidade aliada às técnicas inovadoras para que haja verdadeira viabilidade econômica, adequação social, aceitação cultural e justiça social.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Identificar as soluções técnicas brasileiras que podem ser aplicadas na implantação do conceito *Earthship* nos Sistemas Hidrossanitários de Edificações Residenciais Unifamiliares.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar um referencial teórico sobre o conceito *Earthship*;
- Pesquisar um referencial teórico sobre técnicas e tecnologias hidrossanitárias relativas ao conceito *Earthship*;
- Estudar sobre soluções técnicas e tecnologias hidrossanitárias e do conceito *Earthship* em Edificações Residenciais Unifamiliares;
- Pesquisar soluções técnicas brasileiras que podem ser aplicadas na implantação do conceito *Earthship* em Sistemas Hidrossanitários de Edificações Residenciais Unifamiliares.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi um levantamento de referencial teórico, compreendendo estudo dos sistemas hidrossanitários do conceito *Earthship*, estudo de soluções técnicas brasileiras de sistemas hidrossanitários de edificações residenciais unifamiliar e aplicação das soluções e sistemas estudados para a aplicação do conceito no que tange aos sistemas hidrossanitários.

O levantamento de referencial teórico assim como a análise das soluções dos sistemas hidrossanitários do conceito *Earthship* foi realizada em literatura particular do conceito, publicada pelo próprio autor Michael Reynolds (1990), explicando cada etapa do processo, com a finalidade de entender as técnicas utilizadas, dividindo-se em coleta e aproveitamento de águas pluviais e tratamento e reúso de águas cinzas.

O estudo sobre as soluções técnicas e tecnológicas hidrossanitárias brasileiras para edificações residenciais unifamiliares foi realizada através de livros, artigos científicos, teses e revistas que se relacionem com o tema. Separou-se Soluções de Coleta e Aproveitamento de Água da Chuva e Soluções de Tratamento e Reúso de Águas Cinzas.

A exposição de soluções que podem ser aplicações na implantação do conceito *Earthship*, separando-se as soluções para águas pluviais e para águas cinzas, foi direcionada por autores relevantes assim como por literatura de Reynolds (1990).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A teoria e a política do desenvolvimento tem como um dos seus maiores desafios a preferência de investimentos. Vemos assim, através da dicotomia apresentada pela economia, onde se afirma que as necessidades são ilimitadas e os recursos são escassos, um ponto de partida para a definição dos chamados setores chave para o crescimento econômico. A partir dessa ótica e em países em desenvolvimento, como o Brasil, observamos que existem múltiplas necessidades e meios limitados para supri-las.

Hirschman (1961, p.30) afirma que “é da própria natureza de tal desenvolvimento que se estabeleçam prioridades e que certas atividades recebam tratamento preferencial, [...] e que [...] tomarão grande amplitude [...]”. Assim, devemos direcionar a preferência de investimentos para atividades que promovam expansões econômicas de maneira direta e indireta em outros setores.

De maneira geral, os setores identificados como estrategicamente importantes para uma região ou país devem ser os que além de possuírem forte impacto na economia, proporcionam também encadeamento de setores anteriores e posteriores ao mesmo. Hirschman (1961, p.125) menciona ainda que a problemática da prioridade de investimentos pode ser resolvida a partir de uma análise, comparando-se o impulso que o progresso de um setor levará para outros setores.

Observa-se que a indústria da construção civil está distribuída por todo o território brasileiro, todavia a maior parte das empresas de construção se localiza nas regiões sul e sudeste. O direcionamento de investimentos ao setor tem como consequência a elevação do capital fixo social assim como se mostra excelente ferramenta de políticas públicas para a geração de emprego e renda, como também para crescimento econômico (TEIXEIRA e CARVALHO, 2005).

Segundo Teixeira e Carvalho (2005), o encadeamento do setor da

construção civil na economia se mostra forte para alavancar setores do quais se adquire insumos, assim como existem importantes relações de efeitos diretos, indiretos e induzidos entre o investimento em infraestrutura e crescimento econômico.

Observa-se esse entrelaçamento da construção civil, das grandes obras até as pequenas reformas, onde o aumento de produção traz impactos diretos na criação de empregos e giro maior nos setores dos insumos, até um maior desenvolvimento nos setores de tecnologias aplicadas a engenharia e no de alimentação e afins, ligados ao consumo direto dos funcionários da indústria.

Teixeira e Carvalho (2005, p.11) discorrem que devido ao tamanho, ao impacto direto na economia brasileira, assim como a importância de forma indireta e induzida para o desenvolvimento, podemos considerar “a indústria da construção civil como setor econômico de importância estratégica”.

Observamos que segundo o conceito exposto por Hirschman (1961, apud TEIXEIRA E CARVALHO, 2005), o produto da construção civil se enquadra nessa perspectiva. Assim, “a indústria da construção produz infraestrutura econômica [...], serviços sem os quais as atividades primárias, secundárias e terciárias não podem funcionar” (TEIXEIRA e CARVALHO, 2005, p.11).

Portanto, pelo exposto, torna-se inegável o efeito que a construção civil tem desde diretamente ao PIB, quanto indiretamente, no aumento de atividades-meio à construção civil. Tendência sempre crescente, ora na construção de novos espaços, ora na readequação ou demolição de outros, mudando de forma de acordo com a necessidade ao bem-estar do homem e ao desenvolvimento da sociedade, assim como a preservação do meio ambiente.

2.1.1 Construção e Habitação

O déficit habitacional brasileiro aliado a uma onda crescente da construção habitacional nos mostra indicadores de espaço para desenvolvimento no setor. Em 2014, o déficit habitacional era de 6,2 milhões (CBIC, 2017) e em 2015 era

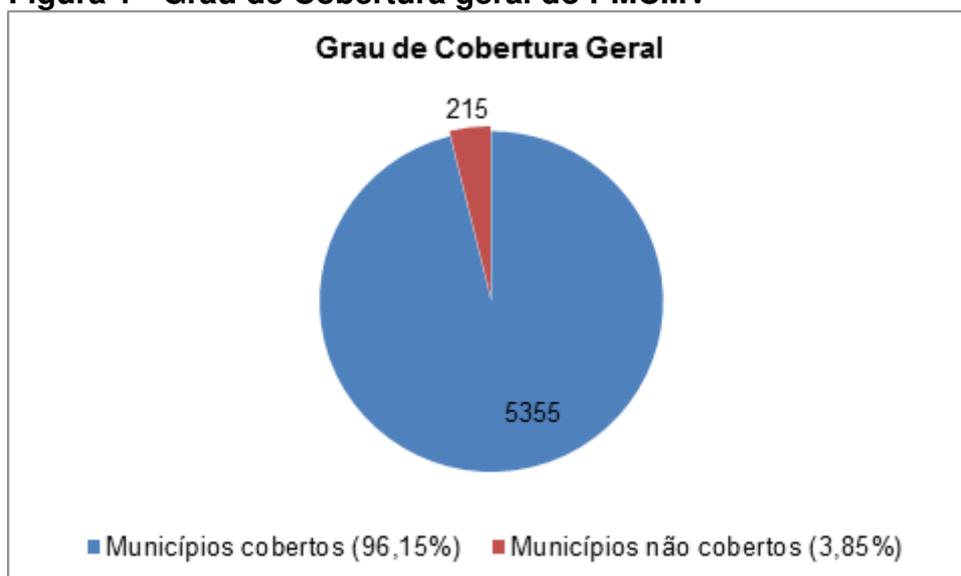
de 7,757 milhões de habitações segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2015 apud VILLAS BOAS; CONCEIÇÃO, 2018).

Em 2015, uma grande parte das famílias, totalizando 3,269 milhões, estava no componente ônus excessivo com o aluguel, gastando pelo menos 35% da renda com habitação. E no componente coabitação, dado importante do déficit, havia 3,227 milhões de famílias, que representam 41,6% do total (CBIC, 2017).

Estudos realizados pela FGV, a partir de dados do IBGE estimam que entre 2015 e 2025 este déficit aumentará para 14,5 milhões de moradias (CBIC, 2017). Celso Petrucci, presidente eleito da Comissão da indústria Imobiliária (CII-CBIC), avalia que haverá um crescimento constante até 2025 quanto a venda de imóveis, porém o desempenho pode melhorar ou piorar dependendo da estabilidade político-econômica do Brasil (CBIC, 2017).

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), até 2017, obteve uma cobertura nacional de 96,15% (Figura 1 - Grau de Cobertura geral do *PMCMV*), o que demonstra um alto nível de complexidade. Além disso, foi apontado que 72,3% das unidades construídas foram destinadas a Faixa 1, famílias com renda mensal de até três salários mínimos, o que demonstra uma necessidade maior de habitações nessa faixa específica (MOREIRA; SILVEIRA; EUCLYDES, 2017).

Figura 1 - Grau de Cobertura geral do PMCMV



Fonte: Adaptado de MOREIRA; SILVEIRA; EUCLYDES (2017) .

Assim sendo, verifica-se que apesar dos números em déficit, tanto o governo, com programas amplos e nacionais, quanto as empresas privadas, tem buscado atender essa demanda da população. O desenvolvimento agregado às construções habitacionais é um forte indicador, juntamente com o alcance das famílias de baixa renda, do trabalho que já vem sendo feito e precisa ser aperfeiçoado e continuado em busca de suprir o direito à moradia de cada cidadão.

2.2 SUSTENTABILIDADE

Em 2008 o Ministério da Educação Australiano (BARR *et al.*, 2008), produziu a “Declaração de Melbourne sobre os Objetivos Educacionais para os Jovens Australianos” onde afirma que deve haver um foco em sustentabilidade integrado no currículo de todos os estudantes. O Projeto “Começando com Sustentabilidade nas Escolas” (EDUCATION FOR SUSTAINABILITY, 2015) fundado pelo Departamento do Governo Australiano para Educação e Treinamento, estabelece três ideias para o entendimento da sustentabilidade: Sistemas – interconexões; Cosmovisão – Justiça social, valores e julgamentos; e Futuro – Concepção e ação.

A ideia de Sistemas – interconexões afirma que a biosfera é dinâmica e proporciona condições para sustentar a vida na Terra, e que todas as formas de vida estão conectadas através de ecossistemas. Que dependem umas das outras para o seu bem-estar e sobrevivência e que padrões sustentáveis de vida dependem da interdependência de sistemas sociais, econômicos e ecológicos saudáveis (EDUCATION FOR SUSTAINABILITY, 2015).

A ideia de Cosmovisão – Justiça social, valores e julgamentos apresenta o conceito de que necessitamos de visões de mundo que reconhecem a dependência dos ecossistemas saudáveis e valorizam a diversidade e a justiça social e que essas são essenciais para alcançar a sustentabilidade. E que as visões de mundo são formadas por experiências nos níveis pessoal, local, nacional e

global, e estão relacionadas a ações individuais e das comunidades para a sustentabilidade (EDUCATION FOR SUSTAINABILITY, 2015).

A ideia de Futuro – Concepção e ação menciona que a sustentabilidade dos sistemas que conhecemos é alcançada por meio de ações informadas, individuais e de comunidades que valorizam a igualdade e justiça através das gerações e para o futuro. Que atitudes mais sustentáveis refletem valores de cuidado, respeito e responsabilidade e nos leva a explorar e entender os ambientes. Que devemos projetar ações para sustentabilidade avaliando o passado, o desenvolvimento econômico e tecnológico e com julgamento baseado nos impactos econômicos, sociais e ambientais. E que futuros sustentáveis resultam de ações destinadas a preservar e/ou restaurar a qualidade e a singularidade dos ambientes (EDUCATION FOR SUSTAINABILITY, 2015).

Através desses conceitos e ideias, podemos pensar em medidas responsáveis e exequíveis para o futuro, buscando entendimento e informação dos indivíduos para fundamentarmos ações globais.

2.2.1 Conceito

Inicialmente, ressalta-se que “diversas interpretações desse conceito foram elaboradas de acordo com a área e os objetivos dos estudos desenvolvidos” (MIKHAILOVA, 2004, p. 22-23). Assim observamos que o conceito inicialmente foi utilizado com cunho voltado à biologia e a ecologia, para onde seu sentido inicial apontava.

O conceito de sustentabilidade surge na busca por um modelo de desenvolvimento que procura balancear a dimensão econômica, com a ambiental e a sociocultural. Assim observamos que o termo desenvolvimento sustentável tem forte ligação com o conceito de sustentabilidade.

O relatório “Nosso Futuro Comum”, produzido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas

(CMMAD-ONU), veio com o objetivo de apresentar uma Agenda Global para a Mudança. O relatório demonstra esperança de que podemos construir um futuro mais próspero, mais justo e mais seguro (WCED, 1987).

Neste relatório, vemos também o que se tornou o conceito mais difundido sobre o que é desenvolvimento sustentável, considerado aquele desenvolvimento que atende as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades. Dessa forma, o atual estado tecnológico e organizacional da sociedade sobre os recursos do meio ambiente e a habilidade da biosfera de absorver os efeitos da atividade humana impõem limites ao desenvolvimento sustentável atual. Tanto a organização social quanto o atual nível tecnológico podem ser administrados e aperfeiçoados para abrir caminho para uma nova era de crescimento e desenvolvimento (WCED, 1987).

A CMMAD-ONU acredita que a pobreza é um mal em si mesmo e que um mundo onde a pobreza é endêmica, é um mundo inclinado para catástrofes ecológicas, econômicas, entre outras. O desenvolvimento sustentável deve, como mencionado anteriormente, trabalhar nas áreas sociocultural, economia e ambiental, sendo “ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis” definidas como *triple bottom line* (Figura 2) (ELKINGTON, 1994). Devendo ainda, manter o equilíbrio entre as áreas, atingindo as necessidades básicas de todos e estendendo a todos a oportunidade de atingir suas próprias aspirações para uma vida melhor (WCED, 1987).

Figura 2 - Triple bottom line



Fonte: ELKINGTON (1994).

A mão de obra não qualificada e os sistemas construtivos continuam sendo fortes características da Indústria da Construção Civil e ocasionam impactos negativos quanto ao elevado consumo de recursos naturais e de energia não renovável, além de uma alta produção de resíduos (BRAGANÇA e MATEUS, 2014).

Assim sendo, o déficit habitacional, juntamente com os impactos negativos dessa indústria, percebemos a necessidade do desenvolvimento e utilização de técnicas e tecnologias mais sustentáveis.

2.2.2 Histórico

Na história, observamos vários marcos da evolução científica que apontavam para modelos de desenvolvimento buscando uma maior lucratividade e chegaram, por consequência, ao modelo de produção em massa. Um crescimento da população, juntamente com o aumento da variedade das necessidades humanas e dos bens de consumo, trouxe correspondentes crescimentos nas indústrias de produção, quanto à quantidade de indústrias, variedades de produtos e de setores (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

Os costumes e os modos da sociedade vieram guiando, nas últimas décadas, esse modelo econômico e tecnológico insustentável. O consumo excessivo de serviços e bens relacionados à qualidade de vida, assim como a utilização sem responsabilidade dos recursos naturais, ocasionando degradação ambiental, poluição dos solos, águas e ar, entre outros, têm se mostrado como principais características desse ultrapassado modelo de desenvolvimento.

Após as consequências derivadas dos marcos científicos que degradaram o planeta, entendeu-se que aqueles modelos de desenvolvimento eram insustentáveis e foi-se seguindo para abertura de diálogo entre os países em busca de avaliações, parâmetros e métodos que pudessem solucionar esses problemas. Diversas reuniões, estudos e debates reclamaram novas perspectivas para a criação de um desenvolvimento sustentável. A sustentabilidade impactou na esfera de

negócios e nas organizações mundiais, uma vez que a contribuição desses setores é necessária para atingirmos uma sustentabilidade global (NUNES, 2009).

O crescente aumento em inovações tecnológicas e o desenvolvimento de novos conhecimentos vêm provocando as organizações para um posicionamento de prevenir o aumento dos impactos de seus produtos e serviços, operações e suas atividades sobre as pessoas, a economia e o planeta.

O registro mais antigo que trazia essa noção foi no primeiro informe do Clube de Roma. O informe foi publicado no ano de 1972, intitulado “Os Limites do Crescimento”, onde se discorria que o crescimento contínuo não era viável e sugeria um crescimento zero, proposta na qual se procurava originar um argumento para conciliar a conservação do meio ambiente com a economia. Apesar de não conter o termo desenvolvimento sustentável, se apresenta debatendo temas sobre sustentabilidade preocupando com o futuro e com o equilíbrio (LIMA, 2006).

Em Estocolmo, na Suécia, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente no ano de 1972, que procurava discutir questões relacionadas à degradação do meio ambiente na tentativa de melhorar a relação do homem com o meio ambiente. A Conferência teve a presença de chefes de estado de 113 países e de mais de 400 organizações governamentais e não governamentais.

Apesar de não estabelecer metas reais aos países, foi produzido um documento chamado “Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano” considerado o primeiro documento a reconhecer o direito do homem a um meio ambiente de qualidade.

Conforme já citado, a CMMAD, buscando uma proposta alternativa de desenvolvimento ao modelo vigente, em 1987, apresentou novas soluções e novos conceitos colocando uma série de metas que deveriam ser seguidas por nações ao redor do globo de modo a evitar o aumento do desequilíbrio climático e das destruições ambientais (WCED, 1987).

Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento aconteceu no Rio de Janeiro e também ficou conhecida como ECO-92 ou RIO-92. A conferência gerou uma série de discussões que resultaram na

Agenda 21, que consiste em um documento composto por 40 capítulos, e apresenta um programa de ações, recomendações e responsabilidades, a curto, médio e longo prazo constituindo assim um documento de referência de governos e organizações internacionais. Veio trazendo propostas para contribuir ao desenvolvimento estratégico devendo esse ser adaptado ao espaço, tempo e as características de cada país (GUTIERREZ, 2003).

Para que fossem implantados os princípios pontuados na Agenda 21, deveria haver um envolvimento e a participação de toda a comunidade para apresentar análises, elaborar e executar o Plano Local de Desenvolvimento Sustentável, tendo um monitoramento e revisão periódica constante (KOHLENER, 2003). Possui procedimentos interligados nas dimensões econômica, social e ambiental, com horizonte de 12 anos assegurando um crescimento acelerado e forte, com uma coerência social e um alto nível de proteção e valorização do meio ambiente (TORGAL, 2007).

Em 2002 na cidade de Johannesburgo, foi sediada a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Rio+10 ou Conferência de Johannesburgo, cujo principal objetivo seria avaliar e melhorar as propostas da Agenda 21. Teve como resultado uma declaração que reafirma os compromissos e diretrizes para continuar buscando um desenvolvimento sustentável através de um plano de ação que estabelecem ações e direcionamentos que levem os países a executar os compromissos firmados (JURAS, 2002).

Posteriormente, várias reuniões e discussões foram sendo organizadas objetivando implementar esse modelo de sustentabilidade global. Deve-se valorizar também o estímulo e as ações em conjunto da indústria de tecnologia, que está procurando cada vez mais oferecer tecnologias limpas e ecoeficientes.

2.2.3 Situação atual

Além da Agenda 21, existem perspectivas das Agendas Verde e Marrom como duas agendas separadas que procuram através de meios próprios atingir um ponto em comum (CIB/UNEP-IETC, 2002).

A Agenda Verde tem o foco no bem-estar do homem, necessitando de atitudes imediatas, em escalas locais, tendo como alvo populações de baixa renda e que as mesmas tenham acesso aos recursos naturais suprindo suas necessidades. A Agenda Marrom foca no bem estar do meio ambiente, com ações em longo prazo que beneficiam as futuras gerações, de escalas locais a globais, reduzindo e reaproveitando o uso dos recursos naturais disponíveis (CIB/UNEP-IETC, 2002).

A procura pela sustentabilidade também pode ocorrer pela manutenção da identidade institucional de um empreendimento, quando o mesmo busca possuir práticas e certificações ambientais, almejando uma aceitação melhor da população. Observando-se os apontamentos anteriores, os empreendimentos atuais têm buscado equilibrar suas relações com o meio ambiente e sua responsabilidade social, com o objetivo de manterem-se competitivos.

O escritório do Programa das Nações Unidas para Assentamentos Urbanos (ONU-HABITAT), no Brasil, lançou a Nova Agenda Urbana em português, documento que na Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável, em outubro de 2016, ficou conhecida como Habitat III. A Nova Agenda Urbana é um documento que orienta ações que definem padrões globais para se alcançar desenvolvimento sustentável como novas formas de pensar os modelos construtivos, a maneira como gerenciamos e como vivemos nas cidades (ONU BRASIL, 2019).

A Nova Agenda Urbana estabelece urbanização em todos os planos de assentamentos urbanos, aproveitando a urbanização de todos os espaços físicos com políticas mais direcionadas. Propõem-se também em ajudar os governos no enfrentamento dos desafios utilizando estruturas nacionais e locais de políticas de desenvolvimento. Também é previsto na agenda, o equilíbrio na integração na

agenda do desenvolvimento. De maneira que esse equilíbrio eleva-se, no aspecto da justiça social, garantindo que seja acessível a esfera pública, ampliando oportunidades e bens comuns. O documento solicita também um impulsionamento no planejamento urbano nacional e das extensões das cidades (ONU BRASIL, 2019).

Boff (2017) afirma que a maneira como o homem vem habitando, produz degradação social e ecológica, fato que ameaça a continuidade dessa forma de habitar. O que nos leva a um Novo Começo, havendo a necessidade de novos conceitos, visões e sonhos.

Aponta ainda quatro pontos que vem levando a sociedade à situação atual (BOFF, 2017):

- a) a insustentabilidade do sistema econômico financeiro mundial: ocasionado pela crise especulativa, apontando ainda o ciclo do capitalismo de destruição criativa. Entretanto já encontramos escassez em serviços e bens naturais, que limitam essa destruição;
- b) a insustentabilidade por causa da injustiça social: falta de solidariedade, de cooperação e compaixão para com seus iguais;
- c) a crescente extinção da biodiversidade: a extinção de espécies é um processo natural de evolução, onde as espécies mais aptas sobrevivem, entretanto o homem vem modificando o meio natural, realizando um processo de extinção de espécies não evolutivo e danoso para o planeta;
- d) a insustentabilidade do Planeta Terra: que vem mostrando grande capacidade de suporte a adaptabilidade, reagindo e assimilando, na busca de um equilíbrio próprio.

Dessa maneira, observa-se a crescente insustentabilidade se formando em diversas esferas. A instabilidade, como referido, é ocasionada pelo ser humano, e cabe a ele, por meio de novos conceitos, visões, sistemas e práticas, alterar e avançar a maneira de habitar o planeta e interagir com ele.

2.3 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Na construção civil, as práticas sustentáveis vêm sendo adotadas de forma crescente. Observando a sustentabilidade na construção, um empreendimento deve ter viabilidade econômica, adequação social, aceitação cultural e justiça cultural. O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) entre outras instituições afirmam que além desses quatro pontos, um empreendimento sustentável deve saber aproveitar os recursos naturais locais, reduzir o consumo de energia elétrica e de água, reutilizar, reciclar e reduzir de forma correta os resíduos sólidos.

A construção sustentável pode ser definida como:

[...] processo holístico para reestabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica (CIB/UNEP-IETC, 2002, p. 8).

No contexto das modificações culturais que aconteceram nas décadas de 1960 e 1970, uma nova consciência ambiental ganhou volume e dispôs o meio ambiente como um dos princípios fundamentais para o homem e para as empresas. Os gastos com gestão ambiental, a partir dos anos 1980, começaram a ser notados pelas empresas líderes, não primordialmente como custos ou apenas para atender a legislação, mas como investimentos e vantagem competitiva. O conceito de gestão empresarial foi ampliado grandemente pela incorporação de questões ambientais entre os objetivos da organização moderna. Programas preventivos e de reciclagem de resíduos, medidas para reduzir o consumo de energia e de água no processo de construção e manutenção dos empreendimentos têm sido, atualmente, introduzidos pelos gestores e novas tecnologias vêm sendo criadas a fim de apoiar essas implementações (CÔRTEZ *et al.*, 2011).

Observar o meio ambiente como parte do processo produtivo e não mais como algo externo, faz com que a variável ambiental fique presente no planejamento das empresas por envolver possibilidade de redução de custos, uma vez que uma empresa que polui, é uma empresa que desperdiça insumos e gasta mais para

produzir menos (CÔRTEES *et al.*, 2011). Temos o PMCMV como exemplo nacional de divulgação de construções sustentáveis, tendo esse destaque ao apoiar a instalação de equipamentos de aquecimento solar da água nas habitações para a população de baixa renda.

O mercado tem, cada vez mais, exigido das empresas certificações, que são importantes ferramentas, principalmente quanto à responsabilidade social, gestão ambiental, qualidade, segurança e saúde ocupacional. As certificações, além de aumentar a competitividade entre as organizações, trazem também benefícios à sociedade.

Pinheiro (2006) afirma que têm surgido várias iniciativas que buscam promover a construção sustentável para a preservação do meio ambiente. Uma dessas iniciativas é o desenvolvimento de sistemas de certificação ambiental para edificações sustentáveis.

É necessário que a Indústria da Construção Civil absorva esses conceitos, uma vez que é responsável por cerca de 60% dos resíduos sólidos lançados nos centros urbanos brasileiros e o processo construtivo atual resulta em desperdício em torno de 25% (CÔRTEES *et al.*, 2011). Segundo Almeida (2002), as organizações sustentáveis são as que têm práticas gerenciais para atender os critérios a serem economicamente viáveis, sem deixar de se manter competitivas no mercado.

As empresas tem o papel de contribuir com o desenvolvimento social da região em que estão inseridas, mantendo sua produção, sem agredir o meio ambiente. Para atingir esse objetivo, pode-se atuar na promoção do aumento do bem-estar e qualidade de vida do seu público alvo.

Uma construção sustentável deve ter o norte da sustentabilidade desde a sua concepção até sua requalificação, desconstrução ou demolição. Um detalhamento de cada etapa é necessário, a fim de analisar os possíveis impactos ambientais, trabalhando para desenvolver soluções, tornando o empreendimento, assim, sustentável.

2.3.1 Sistemas Hidrossanitários e Sustentabilidade

Mesmo sendo a Terra coberta por cerca de 3/4 de água, apenas 2,5% desse total é doce e apenas 30,2% é acessível pelo homem (Figura 3), referente as águas subterrâneas e aos lagos e rios, o que resulta em apenas 0,755% em relação ao volume total. Observamos que devido à distribuição irregular de água disponível pelas regiões do globo, há escassez desse recurso em diversas regiões. Uma opção para solucionar esse problema é a coleta de águas pluviais para o abastecimento e o seu reúso. Utilizar esse recurso de maneira mais eficiente traz benefícios não só para os consumidores, mas também para as empresas e sociedade em geral (SILVEIRA, 2008).

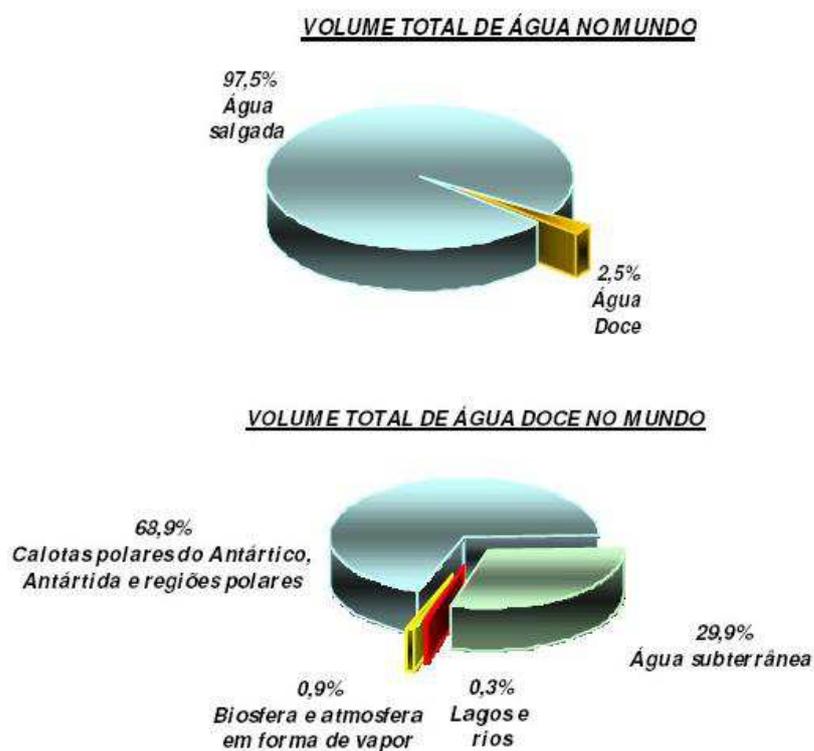
Saneamento básico se refere às condições mínimas para a saúde, que abrange lixo e resíduos, e o tratamento de água e esgoto. Ainda que existam muitas regiões onde essas condições encontram-se ausentes, “para esses locais, é preciso buscar alternativas para uma melhoria na qualidade e na distribuição de água e dos tratamentos de esgoto”. É preciso ressaltar a importância de trazer soluções para comunidades periféricas, uma vez que os grandes centros possuem certa infraestrutura, e que por causa da dificuldade no acesso, o processo de melhorias possui custo elevado (FRANENBERG apud ASCOM - PUCRS, 2016).

O Instituto Trata Brasil emitiu um relatório sobre os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2016 e afirma que o país tem índice de perdas na distribuição de água de 38,05%. Não podemos nos distanciar da realidade uma vez que uma rede de distribuição de água sem perda não é possível do ponto de vista técnico. O mesmo estudo elaborou uma tabela onde a cidade de São Luís encontra-se na posição 95 entre as 100 cidades, com maior população, no quesito de Índice de perdas na Distribuição de Água (índice que apresenta a relação entre volume produzido e volume consumido, sendo expresso em percentuais), apresentando a relação entre volume produzido e volume consumido igual a 62,70% (Figura 4) (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Nesse cenário de necessidade hídrica, a abundância de chuvas no Brasil, torna a utilização desse recurso cada vez mais necessária, intensificando-se

ainda em regiões onde o abastecimento é precário tanto em qualidade quanto em quantidade.

Figura 3 - Volume de Água



Fonte: TOMAZ (2003).

Figura 4 - Piores Índices De Perdas Na Distribuição

Colocação	Município	UF	IPD
91	Maceió	AL	59,93
92	Várzea Grande	MT	60,70
93	Recife	PE	61,16
94	Ribeirão Preto	SP	61,48
95	São Luís	MA	62,70
95	Olinda	PE	62,70
97	Boa Vista	RR	65,99
98	Macapá	AP	66,25
99	Paulista	PE	67,92
100	Porto Velho	RO	70,88

Fonte: OLIVEIRA *et al.* (2018).

O Instituto Trata Brasil (2018) é uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público que reuniu dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento referente ao ano de 2017, UNICEF, Plano Nacional de Saneamento Básico, IBGE referente ao ano de 2018, entre outros, e compilou informações sobre uso de água, esgoto, resíduos e drenagem de sistemas. Alguns desses dados serão evidenciados a seguir.

- a) 83,5% dos brasileiros são atendidos com água potável, no nordeste esse número chega a 73,25%;
- b) 154,1 litros por habitante por dia, é o consumo médio de água no país, sendo 112,5 litros/hab.dia no nordeste e 179,7 litros/hab.dia no sudeste;
- c) As perdas nacionais na distribuição alcançam 38,29% e no nordeste 46,25%;
- d) No Brasil 52,36% da população tem acesso à coleta de esgoto, e 45,1% dos esgotos são tratados;
- e) Já no nordeste 26,87% do esgoto é coletado e apenas 34,73% é tratado;
- f) Estima-se que R\$ 508 bilhões de reais é o custo para a universalização do acesso aos 4 serviços de saneamento (águas, esgotos, resíduos e drenagem) entre 2014 e 2033;
- g) No Maranhão, o Índice de Atendimento total de água (IN055) é de 52,07%, o Índice de Atendimento total de esgoto (IN056) é 11,56%, o Índice de Esgoto Tratado (IN046) é de 9,8% e o Índice de Perda de Carga é de 59,77%.

Santos (2002) explana sobre a relação dualista que a sociedade desenvolveu com o recurso água, onde busca-se a universalização do acesso à esse recurso, ao mesmo tempo promovendo a sustentabilidade dos recursos hídricos. Ressalta ainda que “o grande desafio que se define: como atender a crescente demanda da universalização do acesso quando o próprio insumo em questão tende a escassez” (SANTOS, 2002).

A utilização de sistemas hidrossanitários relaciona-se além das necessidades concernentes a saúde e higiene, para a evolução das noções de

conforto. Muitos estudos foram realizados a fim de tornar os sistemas cada vez mais eficientes no atendimento das necessidades dos usuários. Porém, atualmente, os sistemas passaram a ser demandados, partindo do desenvolvimento sustentável, também em desempenho, superando as fronteiras das edificações, atingindo as necessidades ambientais (SANTOS, 2002).

Dessa forma, cabe ao projetista atender as demandas sociais e ambientais, adotando os meios tecnológicos avançados e a necessidade de racionalizar água, em meio ao mercado competitivo da atualidade. Espera-se certa sensibilidade dos projetistas além de conhecimentos teórico que possam sustentar tanto as práticas convencionais quanto as inovadoras.

2.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS RELATIVAS À CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Precisamos aprimorar e associar a legislação e as políticas ambientais no globo para garantir tanto o desenvolvimento sustentável quanto a preservação ambiental, desde o âmbito federal, passando pelo estadual e chegando ao municipal. A legislação brasileira sobre meio ambiente encontra-se entre as mais avançadas e completas do mundo (BRASIL, 2010).

No ano de 1998 foi aprovada a Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998) onde tanto o Ministério Público quanto os órgãos ambientais e a sociedade brasileira contam com mecanismos e sanções penais e administrativas para a punição de infratores do meio ambiente.

Acredita-se que as leis ambientais são excelentes, “mas que nem sempre são adequadamente aplicadas, por inexistirem recursos e capacidades técnicas para executar a lei plenamente em todas as unidades federativas” (BETIOL apud BRASIL, 2010).

Nos subitens a seguir, serão apresentadas legislações e normas relativas à construção sustentável, que servem como fundamento, para o aperfeiçoamento e a produção de novos conhecimentos e diretrizes.

2.4.1 Legislação Federal

Conforme Art. 225 da Constituição Federal de 1988:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988, p. 170)

A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) foi instituída através da Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o qual tem por objetivo “a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental [...], visando assegurar [...] condições ao desenvolvimento socioeconômico [...] e à proteção da dignidade da vida humana” (BRASIL, 1981). Pensa-se então na legislação como um mecanismo que garanta a sustentabilidade do meio ambiente e ecologia, por meio de imposições de obrigações e comportamentos aos cidadãos.

A PNMA tem como seus principais instrumentos o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, a avaliação de impactos ambientais, o licenciamento e a revisão de atividades poluidoras, o incentivo a tecnologia voltada para a qualidade ambiental, a aplicação de penalidades disciplinares ou compensatórias entre outros. Além disso, tem intuito de relacionar diretamente o desenvolvimento socioeconômico com o equilíbrio ecológico e a conservação do meio ambiente.

Instituiu ainda o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) que é integrado pelas fundações instituídas pelo Poder Público, bem como os órgãos e entidades dos Municípios, dos Territórios, do Distrito Federal, dos Estados e da União que são responsáveis pela defesa e melhoria da qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

O Órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é responsável por “assessorar, estudar e propor [...] diretrizes de políticas governamentais [...] sobre normas e padrões compatíveis com

o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.” (BRASIL, 1981).

A Resolução CONAMA Nº 001/1986, de 17 de fevereiro de 1986, estabelece definições, reponsabilidades, os critérios básicos, assim como as diretrizes gerais para a implementação e utilização da Avaliação de Impacto Ambiental como importante ferramenta do PNMA. Definindo ainda, impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas” (BRASIL, 1986).

Em seu 2º artigo, a respectiva resolução, estabelece quais atividades dependem da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA), estabelecendo ainda, em seu 9º artigo, o conteúdo mínimo do Relatório de Impacto Ambiental: objetivos e justificativas o projeto; descrição do projeto com alternativas tecnológicas e locacionais, estudo dos diagnósticos ambientais da área de influência sintetizados, descrição de prováveis impactos ambientais, caracterização da qualidade ambiental no futuro, descrição do efeito esperado em ocasião do uso de medidas atenuantes, programa de monitoramento e acompanhamento de impactos e recomendação da alternativa mais favorável ao meio ambiente (BRASIL, 1986).

As diretrizes gerais da Resolução 001/1986, constam no 5º artigo, conforme segue:

contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do empreendimento; identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade; definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos; considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade (BRASIL, 1986).

A Resolução CONAMA Nº 237/1997, dispõe sobre a revisão e a complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental, de forma a avaliar todos os potenciais impactos ambientais causados por

uma atividade de potencial poluidor, de forma que se possa controlar e atenuar tais impactos através programas ou controles ambientais (BRASIL, 1997).

A Resolução CONAMA Nº 357/2005, estabelece parâmetros referentes à qualidade da água para uso doméstico e industrial. Dessa maneira, “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências” (BRASIL, 2005).

No 1º artigo, a Resolução Nº 357/2005 dispõe itens relativos as diretrizes ambientais para os corpos hídricos, de uma maneira geral. O 3º artigo, versa sobre a qualidade da água e a sua respectiva utilização. No 14º artigo aborda-se padrões referentes à qualidade da água, abrangendo a totalidade das águas doces exigentes para a sua utilização variada (BRASIL, 2005)

A Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), fundamentando assim que a água é um bem de domínio público e um recurso limitado dotado de valor econômico, que a gestão dos recursos deve contar com a colaboração das comunidades, dos usuários e do Poder Público. Além disso, tem como objetivo assegurar o uso da água, em padrões de qualidade, das gerações futuras, prevenir contra eventos hidrológicos críticos e fomentar a captação, aproveitamento e preservação das águas pluviais (BRASIL, 1997).

Integram ainda a SINGREH, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Agência Nacional de Águas (ANA), os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) entre outros órgãos. O CNRH é a maior instância do SINGREH e é responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos no Brasil. A ANA tem a função de regular os recursos hídricos no âmbito nacional quanto a implementação, operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos de gestão criados pela PNRH. Compete aos CBH aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, deliberar sobre conflitos quanto ao uso da água, estabelecer e sugerir mecanismos de cobrança pelo uso da água, entre outros (BRASIL, 1997).

A Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998), dispõe sobre as sanções penais e administrativas que derivam de condutas e atividades que

lesam o meio ambiente e o Decreto Nº 6.514, de 22 de julho de 2008 (BRASIL, 2008), dispõe sobre infrações e sanções administrativas ao meio ambiente. E como citado anteriormente, entende-se que um grande problema que enfrentamos é a dificuldade de execução das políticas de fiscalização e aplicação das leis já estabelecidas, assim como sua manutenção e aprimoramento (BETIOL apud BRASIL, 2010).

A Lei Nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) determina as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. A Lei Nº 6.902/1981 (BRASIL, 1981), dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e as Áreas de Proteção Ambiental estabelecendo que deve ter 90% ou mais da área de estações ecológicas destinada à preservação da biota e que em no máximo 10% da área podem ser realizadas pesquisas ecológicas que alterem o ambiente natural, havendo um plano de zoneamento aprovado. A Lei Nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000) institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que tem a responsabilidade de criar, gerir e estabelecer critérios e normas para Unidades de Conservação, promovendo também o desenvolvimento sustentável.

A Lei Nº 10.257/2001, de 10 de julho de 2001, aborda sobre o uso da propriedade urbana em benefício da população, através do controle do uso do solo, planejamento das cidades e garantindo o direito as cidades sustentáveis. Também direciona o Plano Diretor como instrumento da política de desenvolvimento objetivando, entre outros direcionamentos, estruturar junto com os demais instrumentos de garantia da preservação do Meio Ambiente (BRASIL, 2001).

A Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), dispõe sobre a universalização do acesso ao saneamento básico, através do “abastecimento de águas, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente” (BRASIL, 2007).

A Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010b), instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que é responsável por promover o descarte apropriado de resíduos sólidos. A lei converge para uma tendência mundial que se baseia em experiências acertadas de ações sustentáveis em países

desenvolvidos. Estabelece também a Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Objetiva a proteção da saúde pública e do meio ambiente, a não geração, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, assim como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

O PL Nº 58/2016 (SENADO FEDERAL, 2016) e o PL Nº2457/2011 (SENADO FEDERAL, 2011) tramitam ainda e versam sobre estabelecer procedimentos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações privadas ou públicas, abordando as fontes alternativas de abastecimento de água em todo território nacional.

2.4.2 Legislação Estadual

O Código de Proteção de Meio Ambiente foi instituído pela Lei Estadual Nº 5.405, de 08 de abril de 1992, que dispunha sobre o Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA) e veio para estabelecer a política nacional de meio ambiente no estado e refere-se também a competência do estado no licenciamento ambiental. O SISEMA é constituído pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente (COSEMA), que é um órgão normativo e recursal, e por órgãos executivos encarregados de realizar atividades de conservação, proteção, recuperação, melhoria, controle e fiscalização do meio ambiente (MARANHÃO, 1992).

Estabelece também que aquelas instalações de obras ou atividade que causem grande poluição ou impacto ambiental, deverem apresentar e aprovar o EIA e o RIMA que serão analisadas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA). Estabelece ainda que o licenciamento ambiental será obtido em três etapas (MARANHÃO, 1992):

- a) Licença Prévia, que ocorre na fase preliminar do planejamento mediante estudos ambientais;
- b) Licença de Instalação, que autoriza o início da implantação da atividade ou obra conforme projeto;

- c) Licença de Operação, autorizando o início do empreendimento ou atividade.

Há também as portarias Nº 047/2016 e Nº 123/2015 que versam sobre isenção e dispensa, respectivamente, do licenciamento ambiental junto a SEMA/MA. A resolução Nº 003/2013 do CONSEMA determina quais são os critérios básicos e a quais tipos de atividades estão sujeitas ao Licenciamento Ambiental pelos municípios, e entre outros temos alguns exemplos de atividades sujeitas ao licenciamento municipais, nas áreas de extração mineral e construção civil: extração de areia, saibro e rocha para brita, loteamento residencial urbano, obras de urbanização, canteiro de obras, construções comerciais e de condomínios.

A Lei Estadual Nº 8149, de 15 de junho de 2004, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), sobre o Sistema de Estadual Gerenciamento Integrado de Recurso Hídricos e dá outras providências. A PERH tem, entre outros, os seguintes fundamentos considerar a água como um bem de domínio público; apesar disso, a água é limitada e é atribuído valor econômico e social; prevê que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e a compatibilização dos planos estaduais com os nacionais, assim como os Planos Diretores de Bacia Hidrográfica e os Planos Diretores dos Municípios e setores usuários; e em caso de escassez, o uso prioritário será o consumo humano e a dessedentação dos animais (MARANHÃO, 2004).

De forma congruente ao conceito de sustentabilidade, a Lei Estadual Nº 8149/2004, estabelece como objetivo da PERH assegurar que as gerações futuras e atuais, possuam a disponibilidade necessária de água, respeitando os padrões necessários conforme o uso (MARANHÃO, 2004).

2.4.3 Legislação Municipal

A Lei Municipal 4.669, de outubro de 2006, dispõe sobre o Plano Diretor do Município de São Luís e em seu Título VIII aborda sobre a Política do Meio Ambiente, Paisagem e Saneamento Ambiental, estabelecendo como Política de

Saneamento Ambiental: assegurar a proteção da saúde da população, manter o equilíbrio entre o meio urbano e rural promovendo a sustentabilidade ambiental e disciplinar o planejamento e a execução de atividades relacionadas ao saneamento ambiental no Município de São Luís (SÃO LUIS, 2006).

Fazem parte da legislação ambiental do município de São Luís - MA a Lei Nº 4.727/2006, que versa sobre a regulamentação do fundo socioambiental municipal e dá outras providências; a Lei Nº 4.730/2006, que estabelece o licenciamento ambiental em São Luís e dá outras providências; a Lei Nº 4.738/2006, que estabelece a Política Municipal de Meio Ambiente de São Luís e dá outras providências; e a Lei Nº 4.739/2006 que aborda sobre a regulamentação do Conselho Municipal de Meio Ambiente e dá outras providências (MPMA, 2011).

Embora existam diversas legislações que versam sobre a preservação do meio ambiente em todas as esferas, muitas dessas legislações não vêm sendo cumpridas, tanto pela ineficiência dos órgãos públicos quanto pela falta de adaptação de certas legislações com a realidade do país, nos critérios tecnológicos, estruturais, sociais e econômicos.

2.4.4 Regulamentações e Normas Técnicas

O CBCS, que foi criado em 2007 como uma Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, tem como objetivo o apoio para gerar e difundir boas práticas e conhecimentos de sustentabilidade na construção civil. Para alcançar esses objetivos o CBCS busca: promover a inovação, uma integração do setor da construção civil com os demais setores, discutir políticas públicas e setoriais entre outros. Foi elaborado também um documento intitulado “Diretrizes de Ação”, que propõem ações em busca do desenvolvimento sustentável.

O SEBRAE, juntamente com a ABNT (2015) explanam também sobre a importância de normas relacionadas à construção sustentável. Abordando que a sustentabilidade na construção civil envolve “não são só o projeto da obra, como o planejamento de gestão ecológica da água ou o uso de energias renováveis, mas

também o bem-estar e a segurança dos trabalhadores e o descarte correto das sobras produzidas”. Elencando ainda as NBR, listadas a seguir, relacionadas às construções sustentáveis e as relacionadas a temática do presente trabalho:

- a) NBR 10844:1989, aborda as instalações prediais de águas pluviais;
- b) NBR 12284:1991, que versa sobre as áreas de vivência em canteiros de obras;
- c) NBR 12217:1994, que estabelece o procedimentos para projetos de reservatório de distribuição focado no abastecimento público;
- d) NBR 13969:1997: aborda parâmetros de projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, os tanques sépticos;
- e) NBR 14899:2002, aborda a utilização de blocos de vidro;
- f) NBR 15112:2004, traz diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos;
- g) NBR 15114:2004 aborda sobre áreas de reciclagem de resíduos sólidos na construção civil;
- h) NBR 13194:2006, que versa sobre os parâmetros de estocagem, montagem e manutenção de reservatório de fibrocimento para água potável;
- i) NBR 15215:2007 que versa sobre iluminação natural, definições e procedimentos de cálculos para sua utilização;
- j) NBR 15569:2008, traz procedimentos de projeto e instalação de sistemas de aquecimento solar de água em circuitos internos;
- k) NBR 15575:2012, norma de desempenho em edificações habitacionais requisitos para os sistemas estruturais, de pisos, de vedações, de coberturas e hidrossanitários;
- l) NBR 8995:2013, versa sobre iluminância em interiores;
- m) NBR 10834:2013, aborda sobre a utilização de bloco vazado de solo cimento sem função estrutural;
- n) NBR 16149-16150: 2013, abordando sistemas fotovoltaicos;
- o) NBR 15527:2019, que aborda os requisitos para usos não potáveis de água da chuva coletada por coberturas em áreas urbanas;

2.4.5 Regulamentação Internacional

A Europa, berço da civilização ocidental, tem sempre utilizado a União Europeia (UE) como base para fomentar, melhorar e aprimorar diversos aspectos da sociedade como um todo. Nesse aspecto, a Comissão Europeia, órgão executivo da UE, lançou o Level(s), ferramenta de avaliação da sustentabilidade de uma edificação. “Esta nova ferramenta não é certificado (como HQE, LEED, BREEA) é um método de avaliação” (PERRISSIN-FABERT apud BERNARDI, 2017).

O Level(s) tem o objetivo de levar os países da UE para uma construção mais responsável, trazendo também, um método de estabelecer uma base comum quanto aos parâmetros de avaliação de tópicos chave. “Level(s) fará progressos sobre esta noção de princípio de equivalência”, diz Anne-Sophie Perrissin-Fabert (BERNARDI, 2017). Quando o Level(s) proporciona uma base comum, isto auxilia aqueles que desejam e estão se iniciando na construção sustentável. Este método se aprofunda em três áreas temáticas: desempenho ambiental do ciclo de vida; saúde e conforto; custo, valor e risco (DODD *et al.*, 2017).

A economia circular, conceito que afirma que devemos utilizar os recursos pelo maior tempo possível, minimizando o descarte, recuperando e reutilizando os recursos em seus ciclos de vida, é um dos focos do Level(s). Dessa forma, os potenciais impactos de uma edificação são integrados por meio de indicadores, às prioridades estabelecidas pela UE para a economia circular e um desenvolvimento sustentável, mudando o debate para além de desempenho energético (FAUCOMPRÉ, 2017).

Recentes estudos no meio de vários programas financiados pela UE demonstram que vários sistemas de avaliações foram implementados na Europa, em nível internacional, nacional e regional. A ausência de padronização traz uma impossibilidade quanto à comparação de resultados e de certificações. Visando uma maneira comum de medir o desempenho construtivo nos mais diversos aspectos, a iniciativa de Avaliação Comum Europeia da Construção Sustentável (CESBA, Common European Sustainable Building Assessment) foi lançada em uma parceria

de mais de 30 organizações europeias públicas e privadas (MARKUS; ANDREA, 2014).

Os Estados Unidos vêm avançando lentamente na legislação federal de reúso de água, porém observamos algumas legislações estaduais bem a frente como na Califórnia, que foi um dos primeiros estados a desenvolver o reúso da água no setor agrícola. No ano de 2000 revisou o *Water Recycling Criteria*, apresentando as possíveis aplicações e usos dependendo do tratamento que a água recebe (METCALF & EDDY, 2003).

2.5 PROJETO *EARTHSHIP*: EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES

Atualmente vivemos em sistemas complexos e ambíguos, na perspectiva econômica, social e sua relação com o meio ambiente, que estão causando impactos negativos e consumindo recursos ambientais rapidamente no planeta enquanto sustentam precariamente o nosso conceito incompleto da vida humana. Assim nossa habilidade de evoluir além desses sistemas é mais do que necessária e pode seguir dois caminhos: passar a viver sem esses sistemas ou viver no futuro próximo em unidades habitacionais que podem ser autossuficientes através do contato com os fenômenos naturais existentes (REYNOLDS, 1990).

Com base nessas ideias, o arquiteto Michael Reynolds desenvolveu as chamadas *Earthships*, onde “teríamos mais controle sobre nossas vidas se nosso novo conceito de habitação inerentemente, dentro de sua própria natureza, proporcionasse aos sistemas aos quais nos acostumamos” (REYNOLDS, 1990, p.30, tradução nossa).

Earthship (REYNOLDS, 1990) é definida como um abrigo passivo, construído de materiais naturais e reciclados, que responde a seis princípios ou necessidades humanas:

- a) Aquecimento ou esfriamento solar-térmico;
- b) Fonte de energia elétrica e ou eólica;

- c) Tratamento de esgoto independente;
- d) Construção com materiais naturais ou reciclados;
- e) Coleta de água e armazenamento e tratamento;
- f) Capacidade interna de produção de alimentos.

Dessa forma, pode-se ver a *Earthship* como Edificação Residencial, com sistemas independentes, construída para utilizar ao máximo os recursos naturais disponíveis.

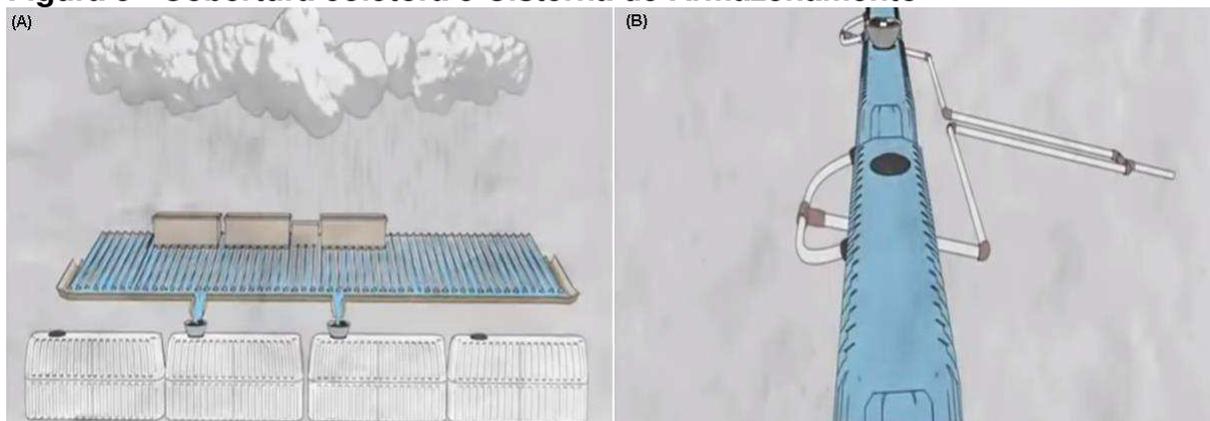
Partindo das necessidades para uma habitação, Reynolds (1990) estabelece que os sistemas da *Earthship*, interagindo interno e externamente, proporcionarão seu próprio nível de conforto. Entre as características abordadas pelo *Earthship*, esse trabalho se refere a apenas duas, a coleta e o reúso de água da chuva e o tratamento e reúso de águas cinza, ou seja, neste trabalho as outras temáticas deixarão de ser abordadas.

2.5.1 Coleta e Aproveitamento de Água da Chuva

A *Earthship* possui sistemas *off grid*, ou seja, não conectado aos sistemas das concessionárias, tanto de energia elétrica, quanto de água. Utiliza única e exclusivamente água coletada da chuva para todos os usos. O processo de coleta de água da chuva é dividido em 3 (três) etapas.

Toda a água que cai na cobertura (Figura 5a), composta por apenas uma água, segue através da declividade natural para um canal de coletores de cascalho e coletores de detritos. O canal leva a cisternas enterradas (Figura 5b), calculadas de acordo com os valores estabelecidos através dos cálculos de consumo e de chuva. É feita uma ligação entre cisternas nivelando a quantidade armazenada entre elas. Essa ligação é feita na parte lateral inferior, visando não coletar detritos menores que por vezes podem passar pelos coletores com cascalho e estão sedimentados (REYNOLDS, 1990).

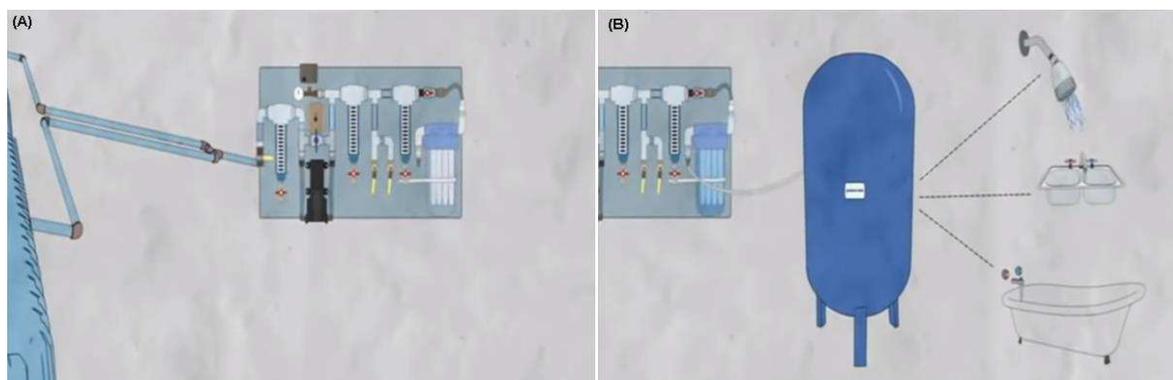
Figura 5 - Cobertura coletora e Cisterna de Armazenamento



Fonte: REYNOLDS (1990).

Através da gravidade a água é levada ao Módulo Organizador de Água (Figura 6a) (MOA, *Water Organizer Module*, no original). O detalhe do MOA é apresentado na Figura 7, onde podemos ver os processos pelo qual a água passa até poder ser consumível para banho ou para beber. Depois de passar pelo MOA, a água pressurizada é direcionada para um tanque pressurizado (Figura 6b) e a partir dele, direcionado para os pontos hidráulicos.

Figura 6 - MOA e Reservatório pressurizado



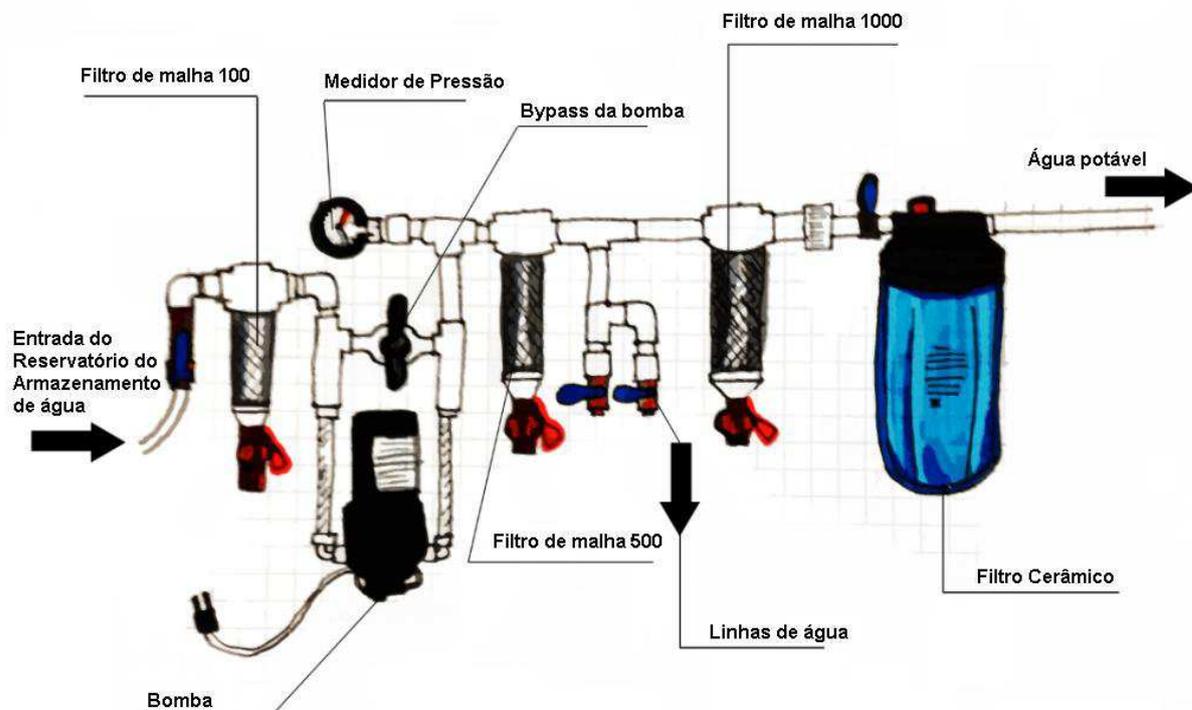
Fonte: REYNOLDS (1990).

O MOA (Figura 7) é composto pelos seguintes itens:

- a) Registro na entrada MOA, uma vez que a entrada se dá por gravidade;
- b) Filtro de malha 100, evita a entrada de detritos no sistema que, de outra forma, danificaria a bomba;

- c) Bomba que deve fornecer pressão entre 40 e 80 psi. Deve ter um interruptor de pressão automático ou ser instalado separadamente;
- d) Medidor de pressão/Manômetro, para monitorar a pressão e solucionar problemas;
- e) Bypass da bomba, se a bomba quebrar ou precisar ser substituída, esse desvio permite a entrada de água por gravidade no sistema;
- f) Filtro de malha 500 que filtra a água pressurizada uma última vez antes de enviar para as linhas de água;
- g) Linhas de água, tanque de pressão opcional pode ser anexado aqui. Esta água está pronta para ser enviada para as linhas de suprimento da casa;
- h) Filtro de malha 1000, esta filtragem preliminar de água potável remove partículas minúsculas antes de entrar no filtro cerâmico. Apenas necessário para a linha de água potável;
- i) Filtro Cerâmico que remove 99,9% das bactérias. Pode ser substituído ou complementado com luz UV.

Figura 7 - Detalhe do MOA



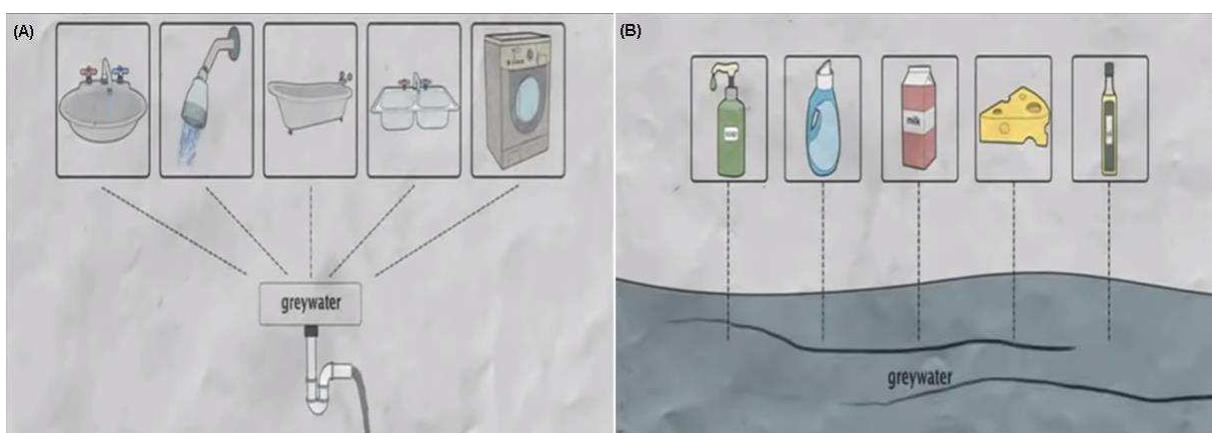
Fonte: LAKE OF THE OZARKS PERMACULTURE (2016).

2.5.2 Tratamento e Reúso de Águas Cinzas

Os Sistemas Sanitários tradicionais juntam as Águas Cinzas com as Águas Negras, que se tornam o esgoto. Tratar as águas negras, para que pudessem ser reutilizadas em qualquer ponto que demandasse o mínimo de qualidade, exigiria um sistema mais robusto. Assim a *Earthship*, traz um reúso das Águas Cinzas e aprimora a destinação das Águas Negras.

As águas residuais da pia, chuveiro, banheira, cozinha e máquina de lavar são chamadas de Águas Cinzas (Figura 8a). Normalmente as Águas Cinzas vão conter produtos químicos domésticos, como sabão e detergentes, e materiais orgânicos facilmente degradáveis, como gordura e óleo (Figura 8b).

Figura 8 - Águas Cinzas



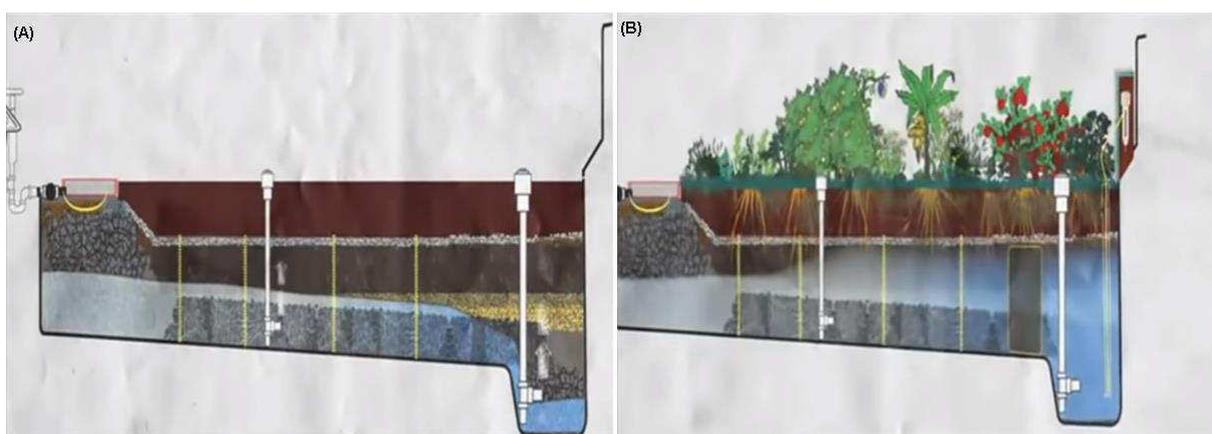
Fonte: REYNOLDS (1990).

Por conseguinte, a Água Cinza é canalizada para um filtro ou digestor para partículas de gordura, e então enviada para uma profunda célula botânica de borracha no interior da habitação (Figura 9a). Uma célula botânica é um ecossistema do solo construído, que consiste em camadas variadas de solo. A primeira camada compõe-se de cascalho, para permitir o escoamento da água e

proporcionar boa aeração ou oxigenação, evitando odores desagradáveis (REYNOLDS, 1990).

No topo da célula botânica, as plantas absorvem água através de suas raízes. O solo que tem raiz, rapidamente seca. Então a água no fundo flui em direção ao solo mais seco perto das plantas. O fluxo permite que produtos químicos domésticos e fosfatos sejam filtrados. O musgo fornece filtragem adicional, eliminando eficientemente metais pesados, se houver. No final da célula botânica existe um Módulo de Água Cinzenta, que serve para bombear a água tratada para os sanitários (Figura 9b).

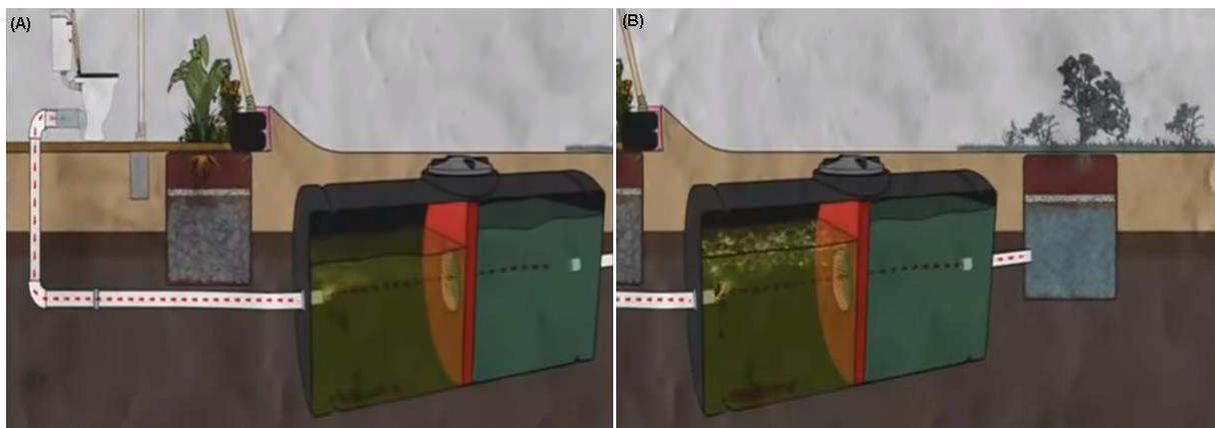
Figura 9 - Célula Botânica



Fonte: REYNOLDS (1990).

Uma vez que se tenha dado descarga nos sanitários, a água conterá agora coliformes fecais e muito material orgânico, que é chamado de Águas Negras. A Água Negra vai para um tanque séptico (Figura 10a). Depois que os líquidos são separados dos sólidos, a água tratada é então canalizada para uma célula botânica de paisagismo exterior que alimenta plantas ao ar livre da mesma maneira que a Água Cinza alimenta a Célula Botânica no interior (Figura 10b). Em suma, as *Eartships* podem usar muito bem a água capturada usando-a quatro vezes. Primeiro usa-se para lavar alimentos, duchas e lavatórios, depois para rega de jardim, depois para a descarga do vaso sanitário e, por último, rega o jardim paisagístico externo.

Figura 10 - Águas Negras



Fonte: REYNOLDS (1990).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussões da pesquisa bibliográfica sobre as soluções técnicas brasileiras de Sistemas Hidrossanitários serão apresentadas a seguir abordando os principais pontos das soluções, tendo como base o conceito *Earthship*. Os resultados apresentados foram estudados de maneira a entender os sistemas técnicos presentes na literatura e dessa forma poder estabelecer aplicações das soluções na implantação do respectivo conceito.

3.1 SOLUÇÕES TÉCNICAS BRASILEIRAS PARA IMPLANTAÇÃO DO CONCEITO *EARTHSHIP*

Este capítulo apresenta o estudo realizado sobre as soluções técnicas brasileiras, na literatura, que são baseadas na sustentabilidade. Objetivando uma posterior aplicação das técnicas elencadas a seguir.

3.1.1 Soluções de Coleta e Aproveitamento de Água da Chuva

Segundo Cohim *et al.* (2008) baseada na NBR 15527 (ABNT, 2007) sobre Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, apresentam-se alguns pontos essenciais para a concepção e realização do sistema de aproveitamento de água da chuva:

- a) Superfície de captação: cobertura, pátio ou outra área impermeável podem ser usados como superfície de captação. As coberturas são mais utilizadas para a captação por proporcionar uma melhor qualidade inicial da água;
- b) Calhas e tubulação: utilizados para o transporte da água captada conforme NBR 10844 (ABNT, 1989), podendo ser utilizados

tubulações de PVC ou metálico, sendo importante o destaque por meio de cor diferenciada ou aviso na tubulação, evitando conexões cruzadas com água potável;

- c) Tratamento: a NBR 15.527:2007 segue o estabelecido pela Portaria de Consolidação Nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), em seu Anexo XX, que dispõe sobre padrão de potabilidade para consumo humano. Assim a água coletada deve ser tratada de acordo com seu destino final. Observa-se que a consideração da não potabilidade em ambientes urbanos, onde há concentração de poluentes e outras impurezas no ar. Recomenda-se o descarte das primeiras águas, recomendando-se 2 mm da precipitação inicial na falta de dimensionamento;
- d) Bombas e/ou sistemas pressurizados: utilizado quando os pontos de utilização se encontram em cotas superiores a do nível de água do reservatório principal. Observando que quando possível, evitar bombeamento, utilizando a gravidade através de inclinações já existentes. Como exemplo da não utilização de bombas, temos quando a água coletada da cobertura é destinada ao consumo em pontos onde a pressão partindo de um reservatório elevado seja maior que a mínima;
- e) Reservatórios: pode ser elevado, apoiado ou enterrado. Dimensionamento deve ser feito avaliando aspectos específicos de cada caso, como a capacidade total, estrutura necessária para implementar a viabilidade técnica, custo e disponibilidade local.

Jaques (2005) apresenta avaliação da qualidade da água da chuva em um município de Florianópolis e conclui que apesar da maioria dos parâmetros físico-químicos apresentarem decréscimo de concentração em função do tempo, os valores de cor, turbidez e coliformes fecais da água colada, apresentam valores acima dos estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde Nº 5/2017 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017) conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Exemplos de parâmetros físico-químicos do padrão de potabilidade da água para consumo humano – Anexo XX da PC – MS Nº 05/2017

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP(*)
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (°)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor (°)		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez (4)		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2017).

Em sua grande maioria, as soluções técnicas brasileiras são voltadas para a utilização da água para fins não potáveis. Em termos de qualidade das águas para fins não potáveis, segundo Bassanesi e Barreto (2014), existe no Brasil somente uma norma que aborda aspectos da qualidade da água pluvial, a NBR 15.527:2007, que trata do aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.

Alguns estudos versam sobre a não possibilidade de utilização direta da água da chuva para fins potáveis e as Tabelas 2 e 3 apresentam que tipos de tratamento dependendo da utilização e da área de coleta. Dessa forma dois pontos são apresentados como fatores chave na utilização da água da chuva: em zonas urbanas traz uma significativa melhora na distribuição da carga da chuva nos sistemas de drenagem, onde ocorrem inundações devido ao elevado número de áreas impermeáveis; tanto em zonas urbanas como em zonas rurais, sua utilização traz benefícios aos sistemas de distribuição de água, reduzindo o consumo de água tratada em pontos onde não existe essa necessidade (JAQUES, 2005).

Tabela 1 - Tipos de tratamento de acordo com a utilização da água

Utilização da água	Tratamento necessário
Rega de Jardins	Nenhum Tratamento
Aspersores de Irrigação Combate a Incêndio, Ar-condicionado	Tratamento necessário para manter o armazenamento e equipamentos em boas condições
Lago / Fonte Descarga no Vaso Sanitário Lavar roupas / Lavar carros	Tratamento higiênico é necessário devido ao possível contato humano com a água
Piscina / Banho Beber / Cozinhar	A desinfecção é necessária porque a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: GROUP RAINDROPS (1995).

Tabela 2 - Utilização da água de acordo com a área utilizada para coleta

Grau de Pureza	Área de coleta	Utilização
A	Telhados (locais não utilizados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, e se purificadas são potáveis para o consumo.
B	Telhado (locais utilizados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para consumo.
C	Jardins artificiais Estacionamentos	Tratamento necessário
D	Estradas, estradas elevadas (viadutos, ferrovias e rodovias).	

Fonte: GROUP RAINDROPS (1995).

De maneira geral, as águas pluviais apresentam boa qualidade devido aos diversos processos do ciclo natural hidrológico, como a evaporação e a condensação. Contudo, quanto mais próximo dos centros urbanos ou industriais, a qualidade reduz, podendo apresentar poluentes que inviabilizam determinados usos dessa água, como quando há altas concentrações de óxido de enxofre e nitrogênio (CAMPOS, 2004).

Dessa forma, como apresentada na Tabela 3, a água coletada de telhados, pode ser usada em vaso sanitário e rega de plantas, devendo ser

purificada se for direcionada ao consumo. De maneira que, conforme a Tabela 2, para banho ou beber, a água deve ser desinfetada.

Jaques (2005, p. 34) afirma também que devido ao “baixo custo da água nas cidades, pelo menos para residências, desestimula qualquer aproveitamento econômico da água de chuva para uso potável”. Devido a este fator, em sua maioria, as pesquisas que envolvem utilização de água da chuva, são direcionadas para usos não potáveis.

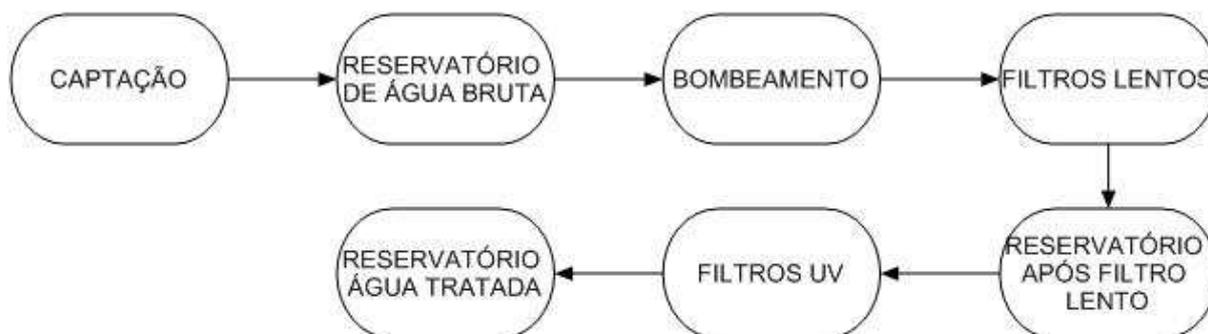
Bastos (2007) caracteriza a água da chuva a fim de tornar viável um sistema de tratamento que possua a menor necessidade operacional possível. Apresenta um tratamento de água da chuva através de filtração lenta e desinfecção Ultra Violeta (UV), por que segundo Bastos, a cloração, que é um processo mais tradicional, além de demandar um custo operacional maior, acaba deixando o sabor de água clorada, o que pode causar rejeição por certas comunidades. Foi feita análise das seguintes características físico-químicas: temperatura, pH, turbidez, cor verdadeira, sólidos suspensos, dissolvidos e totais, acidez, alcalinidade, dureza e cloretos.

A água foi analisada em três fases: após a captação, após a passagem pelos filtros lentos (com taxas de infiltração de 4,6 e 8 m³/m².dia), e após a passagem pela desinfecção UV. Bastos (2007) aponta ainda que após a passagem pela filtração lenta, a água foi classificada de forma que existe ainda a necessidade de desinfecção para consumo humano. A avaliação depois da desinfecção por Ultra Violeta apresentou boa eficiência, removendo os microorganismos estudados, tornando, dessa forma, a água boa para consumo humano.

O sistema apresentado por Bastos (2007) se mostrou o mais eficiente, no que tange à potabilidade da água, apesar de não ter descartado as primeiras águas. Os dados do sistema nos mostram a possibilidade de utilizar o mesmo em regiões onde não há fornecimento de água ou não há garantia da qualidade da água pela concessionária. Entretanto não é avaliada a viabilidade econômica da implantação do mesmo, fator por vezes determinante, se tratando de Edificações Residenciais Unifamiliares. Apresentou também que pode haver um aumento no consumo de

energia por causa do reator UV e de bombas, sugerindo assim utilização de painéis fotovoltaicos para alimentação dos mesmos.

Figura 11 - Esquema proposto por Bastos



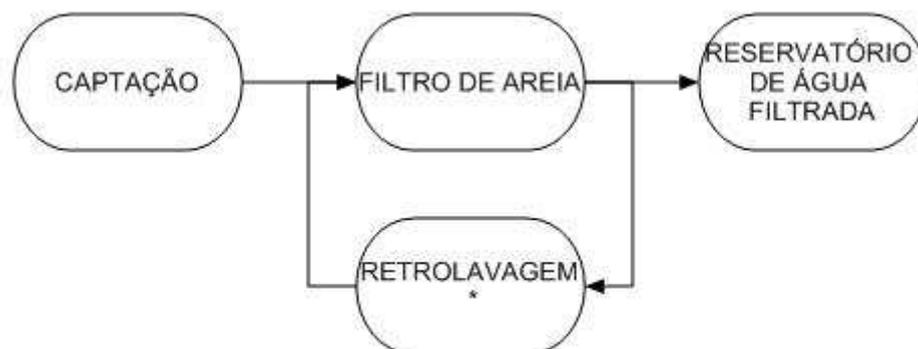
Fonte: Adaptado de BASTOS (2007).

Kemerich *et al.* (2010) inicialmente explanam sobre o desperdício quando utilizamos água tratada em atividades que não demandem água potável, uma vez que podemos utilizar água limpa como a água da chuva. Desenvolveram um filtro de areia no propósito de reter resíduos sólidos, melhorando assim sua qualidade. Utilizou-se como material filtrante brita, areia e geotêxtil, e uma moto-bomba utilizando a retrolavagem. Buscou-se avaliar a eficiência da retrolavagem, uma vez que quanto mais o filtro retem resíduos sólidos, maior será a perda de carga e conseqüentemente levará a uma redução na vazão. O sistema desenvolvido possui vazão de 11.800 Lh^{-1} e filtrou 100% das partículas maiores que 0,15mm e 75% das partículas não eliminadas no processo de filtragem possuem diâmetro menor que 0,075mm.

O sistema filtrante desenvolvido por Kemerich remove 79,12% da turbidez, 77,04% de melhora da cor, 55,86% na condutividade elétrica e 85,96% na remoção de sólidos totais. Apesar de demonstrar excelentes resultados pela retrolavagem do filtro, não é apresentado qualquer comparação com os padrões nacionais para análise da qualidade da água.

O sistema apresentado por Kemerich *et al.* (2010) não demonstrou eficiência na qualidade do tratamento da água. Pelo seu relativo baixo custo, poderia ser utilizado em sistemas onde a água pluvial será utilizada em rega de jardins.

Figura 12 - Esquema proposto por Kemerich *et al.*



* Realiza-se a retrolavagem quando a perda de carga no sistema chega a 20% da vazão inicial do filtro.

Fonte: Adaptado de Kemerich *et al.* (2010).

Ferraz e Silva (2015) apresentaram um sistema compacto de captação e tratamento de águas da chuva assim como as provenientes do uso em banhos e em lavagens de roupas. O sistema utiliza como coagulante o sulfato de alumínio, que foi dosado 10mg/L a cada 30 dias diretamente no reservatório, e como desinfetante o cloro. Foi analisado que para consumos inferiores a 25 m³/mês, o tempo de retorno do investimento é longo. Expuseram ainda que a qualidade da água ao final do processo permanece dentro dos padrões nacionais para os fins destinados.

Foi utilizado por Ferraz e Silva (2015) Filtro Optimax na entrada de água da chuva para o reservatório de águas cinzas, para filtrar contaminantes, uma vez que foi feita ligação através dos sistemas hidráulicos. A água tratada foi utilizada satisfatoriamente em descargas sanitárias, máquinas de lavar roupas e torneiras de uso externo.

Já o método apresentado por Ferraz e Silva (2015) se mostrou inovador por direcionar as águas cinzas claras para o reservatório inicial juntamente com a água da chuva e tratar todo esse volume de uma só vez. Foram efetuadas várias estimativas, relacionando o consumo mensal com o tempo de retorno da implantação do sistema. Tabelou-se a redução do consumo de água potável em 50% e 80%, e o resultado apresentado indica que para um consumo de 11m³/mês e uma redução de 50% no consumo de água potável, o tempo de retorno mínimo é de 54 meses. Pode ser feita uma verificação quanto aos materiais utilizados e quanto a economia de água real, na tentativa de reduzir o mesmo.

Figura 13 - Esquema proposto por Ferraz e Silva.



* Realizado com cloro, sulfato de alumínio e clorexidina

** Três filtros para polimento da água: cartucho de sedimentos, carvão ativado e vela com platina.

Fonte: Adaptado de FERRAZ E SILVA (2015).

3.1.2 Soluções de Tratamento e Reúso de Águas Cinzas

As contribuições de águas residuais provenientes de lavatórios, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar louça e pia de cozinha, excluindo as provenientes da descarga de bacias sanitárias, são chamadas de águas cinzas. Aquelas que apresentam descarga de bacias sanitárias em sua contribuição são chamadas Águas Negras (JEFFERSON *et al.*, 1999; OTTHERPOHL, 2001; ERIKSSON, *et al.*, 2002; OTTOSON e STENSTRÖM, 2003).

O reúso da água ou reaproveitamento “é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é utilizada para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não” (MIELI, 2001).

Dessa forma, João Carlos de Almeida Miele (2001) especifica melhor cada tipo:

- a) Reúso indireto não planejado da água: ocorre quando a água após ser utilizada pela atividade humana, é descarregada no meio ambiente e utilizada novamente a jusante, de forma mais diluída e de maneira não controlada e não intencional;

- b) Reúso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes são descarregados de forma planejada para serem utilizadas na jusante de forma controlada, estabelecendo um controle sobre eventuais novas descargas de efluentes no caminho, mantendo a qualidade do reúso objetivado;
- c) Reúso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes, após tratados, serão encaminhados conectados diretamente até o local de reúso. A Organização Mundial da Saúde não recomenda a ligação direta de uma estação de tratamento de esgoto a uma estação de tratamento de água e posteriormente ao sistema de distribuição;
- d) Reaproveitamento ou reciclagem da água: é o reúso interno antes da descarga em um sistema tratamento ou local de disposição. É um caso pontual do reúso direto planejado.

Dentro dessa classificação, o reúso de águas cinzas é um reúso interno antes da descarga, se configurando como reaproveitamento. Sem um tratamento mais avançado, recomenda-se utilizar em uma residência para regas e descargas de bacias sanitárias.

Segundo Mascaró (2010, apud ALVES; REIS; COSTA, 2018) cerca de 80% da água consumida em uma residência vai para o banheiro. Além disso avalia também que do ponto de vista da qualidade da água e os pontos de utilização, apenas entre 10 e 20% deveria ser potabilizada, sendo a mesma inodora, insípida, incolor e desinfetada, observando que os 80 a 90% restante poderia ter uma qualidade inferior.

Existem grandes divergências entre autores quanto ao consumo residencial de água, uma vez que os dados variam de acordo com região, cultura, clima, hábitos familiares. Porém, existe algo em comum, o consumo de descarga sanitária e de uso externo é sempre menor do que a metade da demanda total, havendo sempre volume necessário para o reúso de águas cinzas.

Tabela 3 - Consumo Residencial de Água

CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA	PORCENTAGEM DE CONSUMO			
	Pesquisa realizada pela USP *	Pesquisa Realizada pelo IPT/PNCDA *	Pesquisa realizada pela DECA *	Pidou (2007) **
Vaso sanitário	30%	5%	13%	35%
Chuveiros	29%	54%	45%	23%
Lavatórios	7%	7%	12%	8%
Pia da Cozinha	18%	16%	13%	18%
Área de serviço	11%	15%	12%	12%
Uso externo	5%	3%	4%	4%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

*Adaptado de May (2009).

** Pidou *et al.* (2007)

Fonte: Adaptado de MAY (2009); PIDOU *et al.* (2007).

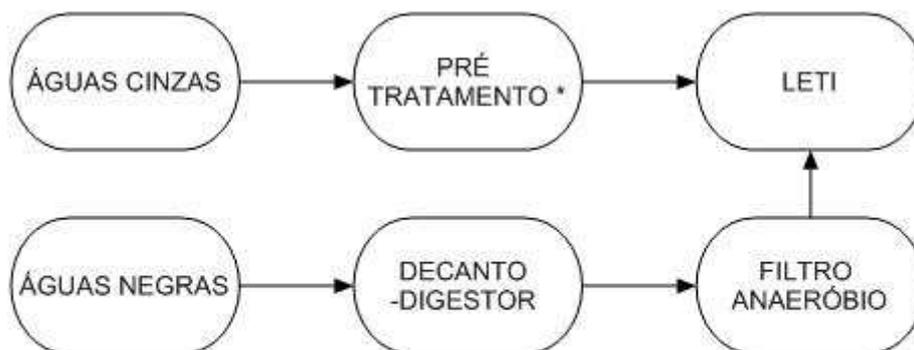
Ercole (2003) explica inicialmente que um sistema que reuse as águas servidas e permita que, através do uso dos poluentes como insumos para vegetações, essa água possa ser tratada e posteriormente devolvida para o ciclo hidrológico seria mais sustentável que a maioria das soluções utilizadas atualmente. Dessa forma, realizou-se um estudo com comparativo entre sistemas, tendo como variáveis, entre outras, uma análise dos custos de implantação, operação e manutenção, e a qualidade do efluente do tratamento.

Nesse sentido, Ercole (2003) propôs um SMSA (Sistema Modular com Separação de Águas), simplificando o tratamento ao dividir as águas cinzas das águas negras, uma vez que as águas cinzas não possuem o elevado índice de poluição das águas negras possibilitando um tratamento mais simples e mais econômico para as águas cinzas.

Através de extensa pesquisa bibliográfica concluiu-se que o SMSA apresentou bons resultados em comparação com outros sistemas utilizados. É sustentável, ao utilizar materiais comuns, ter baixa manutenção, operar de acordo com o ciclo hidrológico e oferecer insumos para produção agrícola se utilizando de um leito de evapotranspiração e infiltração (LETI). Tem como desvantagens, a necessidade de área para equipamentos, podendo ter uso compartilhado e requerer

a separação das águas, fator que mostra dificuldade se tratando de uma adaptação, onde as águas já são misturadas (ERCOLE, 2013).

Figura 14 - Esquema proposto por Ercole



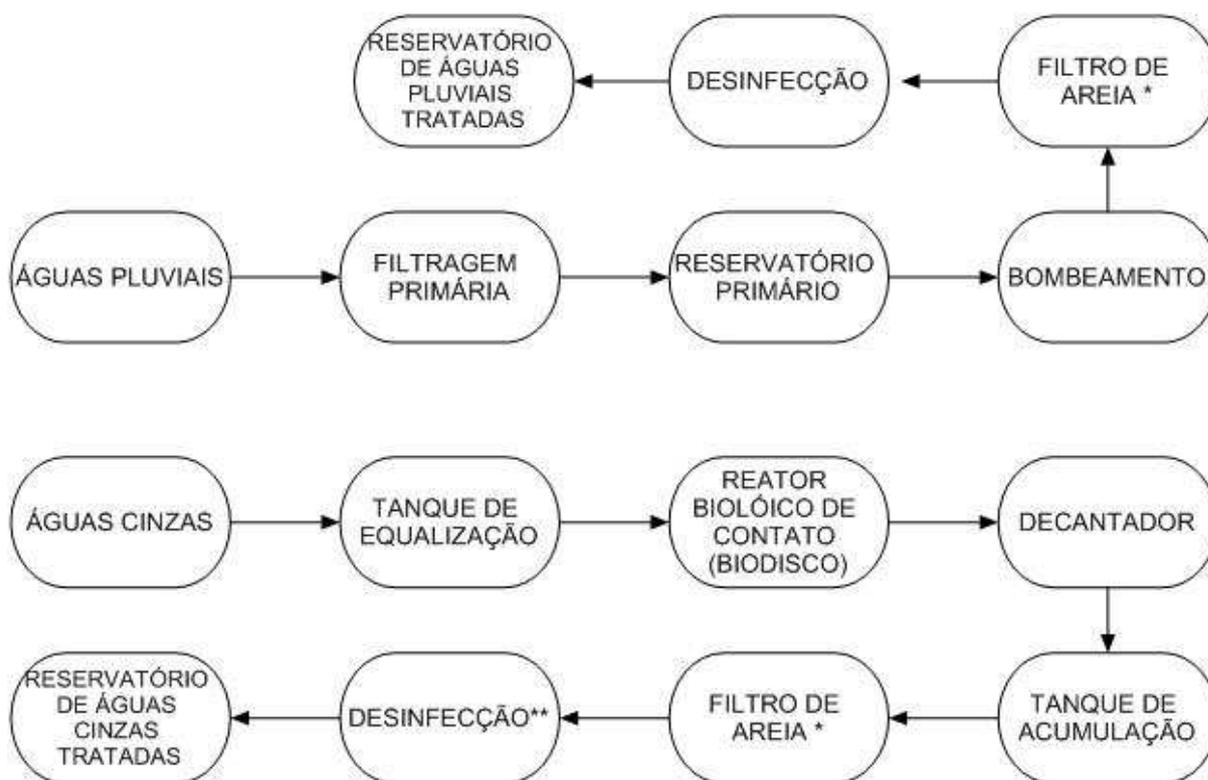
* Realizado através de separador de gorduras e sólidos, decantador de duas câmaras.

Fonte: Adaptado de ERCOLE (2003).

May (2009) explica inicialmente sobre a problemática da reutilização de águas cinzas e sistemas de reaproveitamento de águas pluviais apontando cuidados que devem ser tomados: verificação da qualidade da água tratada, manutenção adequada do sistema, operação eficaz e segura ao sistema e ao operador, não ocorrência de conexões cruzadas, aviso com indicação de “água não potável”, utilização de tubulações de cores e conexão diferentes.

Foi utilizado sistema separado para tratamento de águas cinzas e de águas pluviais. Para águas cinzas, foi utilizado tratamento biológico aeróbico, e para as águas pluviais, filtração e desinfecção com cloro, restringindo o uso dessas águas para fins potáveis. O mesmo autor afirma também que haveria grande custo na implantação de sistemas de tratamento avançado, trazendo possível inviabilidade econômico-financeira. Utilizou-se o tratamento de águas cinzas através de um reator biológico de contato aeróbico e seu reúso em uma residência. Aponta-se que as características da água cinza sofre grande influência do comportamento do usuário, apresentando também variações segundo a região, cultura, as instalações e a utilização de produtos químicos.

Figura 15 - Esquema proposto por May



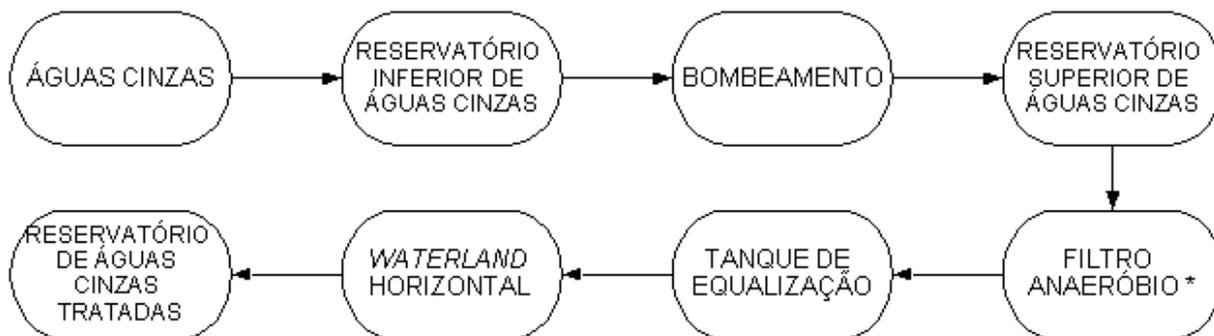
* Utilizado filtro rápido de pressão de escoamento descendente.

** Realizado com hipoclorito de sódio.

Fonte: Adaptado de MAY (2009).

Knupp (2013) aborda sobre a possibilidade da utilização de *Wetlands*, também conhecido como terras úmidas construída ou sistemas alagados construídos. Para o tratamento de águas cinzas e seu reúso, pois possui baixo custo de implantação e impacto ambiental mínimo. A utilização de *Wetland* foi realizada de forma complementar a um filtro anaeróbio. Foi utilizado filtro anaeróbio de fluxo ascendente e um *wetland* horizontal.

O sistema apresentou eficiência global de 80% na remoção sólido suspenso total e turbidez, 66% na redução de demanda biológica de oxigênio (DBO) e de 81% na demanda química de oxigênio (DQO). Utilizou-se também do Processo Analítico Hierárquico na seleção de macrófitas para o *wetland*, processo que pode ser replicado para seleção com condições diferenciadas.

Figura 16 - Esquema proposto por Knupp

* Filtro Anaeróbio de fluxo ascendente.

Fonte: Adaptado de KNUPP (2013).

Tonetti *et al.* (2018) em “Tratamento de Esgostos Doméstico em comunidades Isoladas: referencial para escolha de soluções”, direcionaram sua pesquisa para sistemas de tratamento descentralizados. Apresentam de maneira esquematizada e prática, fluxograma (Figura 17) para escolha do melhor sistema, assim como comparativo (Figura 18), avaliando: tipo de esgoto, área necessária, frequência de manutenção, custo, entre outros fatores.

Figura 18 - Síntese das principais características das quinze tecnologias selecionadas para o tratamento de esgoto de comunidades isoladas

Tecnologia	Tipo de esgoto tratado	Necessário unidade de pré-tratamento	Tipo de sistema	Área necessária*	Remoção de matéria orgânica	Frequência de manutenção	Remoção de Lodo	Custo**
T01 Fossa seca	Fezes e urina (sem água)	Não	Unifamiliar	2 a 4 m ²	Não se aplica		Não	
T02 Banheiro seco compostável	Apenas fezes e um pouco de urina (sem água)	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 5 m ²	Não se aplica		Não, mas há produção de composto	
T03 Estocagem e uso da urina	Apenas urina (com ou sem água)	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1 a 3 m ²	Não se aplica		Não	
T04 Sistemas alagados construídos (SAC)	Águas cinzas Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	7,5 a 15 m ²			Não	
T05 Círculo de bananeiras	Águas cinzas Esgoto pré-tratado	Não para águas cinzas. Sim para esgoto misto	Unifamiliar	3 a 5 m ²	Não se aplica		Não	
T06 Reator anaeróbio de fluxo ascendente unifamiliar	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m ²			Sim	
T07 Fossa verde	Águas de vaso sanitário	Não	Unifamiliar	7 a 10 m ²			Talvez	
T08 Fossa séptica biodigestora	Águas de vaso sanitário	Não	Unifamiliar	10 a 12 m ²			Não	
T09 Tanque séptico	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m ²			Sim	
T10 Filtro anaeróbio	Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	1,5 a 4 m ²			Sim	
T11 Filtro de areia	Esgoto pré-tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 5 m ²			Não	
T12 Vermifiltro	Águas de vaso sanitário Águas cinzas Esgoto doméstico Esgoto pré tratado	Sim	Unifamiliar ou semicoletivo	2 a 4 m ²			Sim, na forma de húmus de minhoca	
T13 Biodigestor	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	5 m ²			Sim	
T14 RAFA compacto	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	3 a 8 m ²			Sim	
T15 Biosistema integrado (BSI)	Águas de vaso sanitário Esgoto doméstico	Não	Unifamiliar ou semicoletivo	25 a 100 m ²			Sim	
Remoção de matéria orgânica (eficiência)		Frequência de manutenção			Custo**			
Até 49% (baixa) 50% a 79% (média) 80% ou mais (alta)		1 vez por ano (baixa) 2 a 4 vezes por ano (média) 5 ou mais vezes por ano (alta)			Até R\$ 500 (baixo) R\$ 500 a R\$ 1500 (médio) R\$ 1500 a R\$ 2500 (alto)			
* Para um sistema que atende até 5 pessoas.								
** Valores calculados em 2018 para um sistema que atende até 5 pessoas.								

FONTE: TONETTI *et al.* (2018).

3.2 APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES TÉCNICAS BRASILEIRAS UTILIZANDO O CONCEITO *EARTHSHIP* EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES – SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS

Nos itens a seguir, serão apresentados propostas de aplicação da soluções técnicas brasileiras estudadas, em Edificações Residenciais Unifamiliares, dos sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais e tratamento e reúso d águas cinzas, baseada no conceito *Earthship*. De maneira que no item **3.1**, foram elencadas as soluções técnicas e nos itens **3.2.1** e **3.2.2** apresentadas aplicações compatíveis com o respectivo conceito.

3.2.1 Águas Pluviais

Partindo dos conceitos e esquemas que representam os sistemas apresentados no item **3.1.1**, e levando em conta que o conceito *Earthship* traz em si a ideia de habitações autossuficientes, analisamos os sistemas na busca de uma aplicação referenciada no Brasil. A discussão nesse capítulo propõe a análise dos sistemas que mais se aproximam do contexto apresentado no item **2.5**.

O sistema de águas pluviais será composto dos seguintes pontos:

- Superfície de captação

Os itens relacionados à superfície de captação e calhas e condutores serão dimensionados e determinados seguindo a NBR 10844:1989 e a NBR 15527:2007, que versam sobre instalações prediais de água fria e sobre aproveitamento de água da chuva para fins não potável, respectivamente.

Inicia-se calculando a superfície de captação, sendo a área de cobertura projetada em planta. Posteriormente, calcula-se o volume de água aproveitável, de acordo com a precipitação média, superfície de captação e coeficiente de *runoff* da cobertura, dependendo do material utilizado.

Nessa etapa, partindo da estimativa de consumo da Edificação Residencial, poderá ser verificado se há necessidade de aumentar a área de cobertura, de maneira que a água aproveitável seja maior que o consumo estimado mensal.

- Calhas e condutores

Um sistema que evita a entrada de materiais grosseiros, como folhas e gravetos, nas calhas e condutores deve ser instalado. Esse sistema pode ser composto de telas e grades instaladas nas calhas, facilitando a limpeza e uma boa manutenção do sistema de tratamento.

Passando desta etapa, dimensionam-se as calhas e os condutores, começando pela intensidade pluviométrica “I”. Segue-se calculando a vazão de projeto, a partir do tempo de retorno, 5 anos para cobertura e terraços (ABNT, 1989) e fixando a precipitação em $t = 5$ minutos. Determinado o material utilizado na calha, assim como sua inclinação, verifica-se se a vazão de projeto é inferior à vazão da calha nas respectivas condições.

- Reservatório inferior

A NBR 15527:2007, apresenta seis métodos diferentes para dimensionamento do reservatório. Conforme Rupp *et al.* (2011), vários autores chegaram a conclusão de que os diferentes resultados obtidos pelos métodos apresentados, não permitem determinar o método mais preciso para se obter o volume ideal de reservatório. Rupp *et al.* (2011) recomenda o uso de software, especificamente NETUNO, desenvolvido na Universidade de Santa Catarina, tanto para dimensionamento do reservatório quanto para cálculo do potencial de economia de água potável, devido ao cálculo iterativo realizado comumente por esse meio.

É importante observar que pode haver variação no período de estiagem, ocasionando uma insuficiência da água captada para a demanda nesse período. Dessa forma, deve-se pensar que os reservatórios de água de chuva necessitam de uma entrada de água potável para quando houver necessidade, não ocasionando conexões cruzadas, conforme a NBR 12217:1994 (ABNT, 1994)

Conforme a NBR 15257, além de atender a NBR 12217:1994, que versa sobre projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, é necessário conter nos reservatórios, dispositivo de esgotamento, cobertura, acesso para inspeção, ventilação, extravasor, segurança e quando ocorrer de ser alimentado por outra fonte de água, deve possuir dispositivos que previnam o cruzamento de conexões (ABNT, 2007).

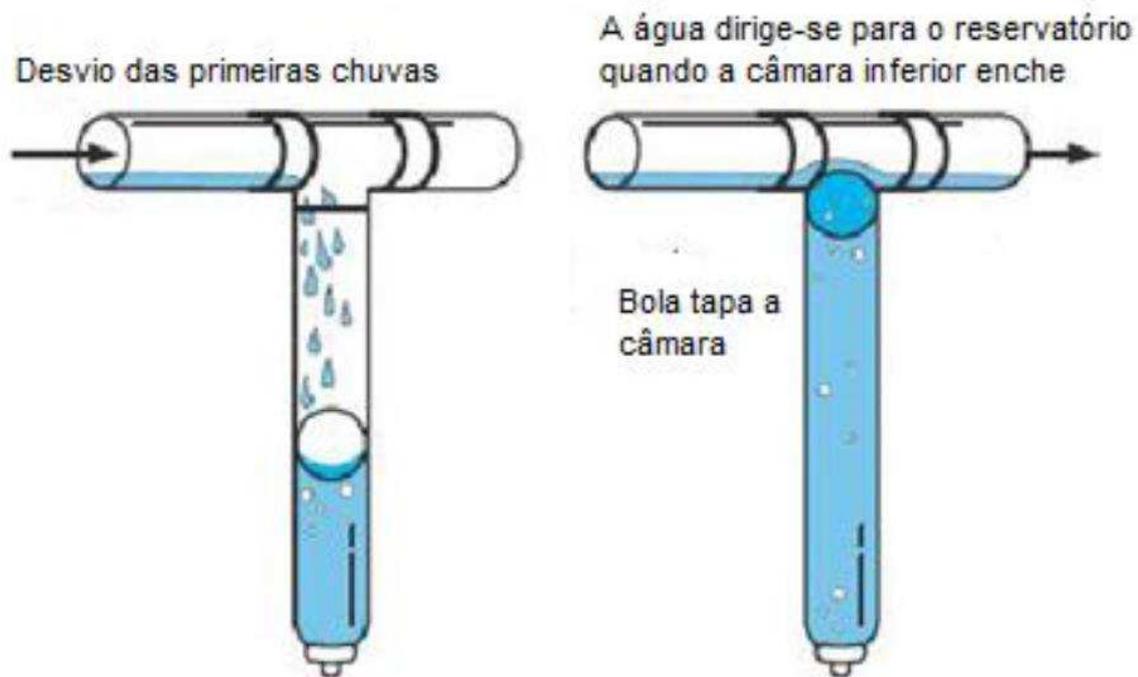
A NBR 15527 (ABNT, 2007) aborda também sobre a necessidade de se instalar dispositivos de remoção de detritos, assim como dispositivo de descarte da água de escoamento inicial, também conhecido como *first flush*. Dispositivo esse que deve descartar 2 (dois) primeiros milímetros de chuva, uma vez que essa lava a superfície de contato e a atmosfera, podendo carregar consigo contaminantes e elementos que deixam a água turva.

Um desviador *first flush* de baixo custo (Figura 19) pode ser utilizado. O sistema funciona por efeito sifão, não permitindo a saída da água contaminada da câmara. Uma válvula deve ser instalada no fundo da câmara para que esvaziar após a chuva, ficando pronta para o próximo uso. Importante também observar que o fundo da câmara deve ser localizada à uma altura de fácil acesso, para limpeza e manutenção.

A tubulação de entrada do reservatório deve ser levada até o fundo do reservatório e lá dispersar por mecanismos chamados de freios de águas (Figura 20), sistemas que impedem o turbilhonamento, assegurando a não perturbação dos sedimentos por meio da decantação (RODRIGUES, 2010).

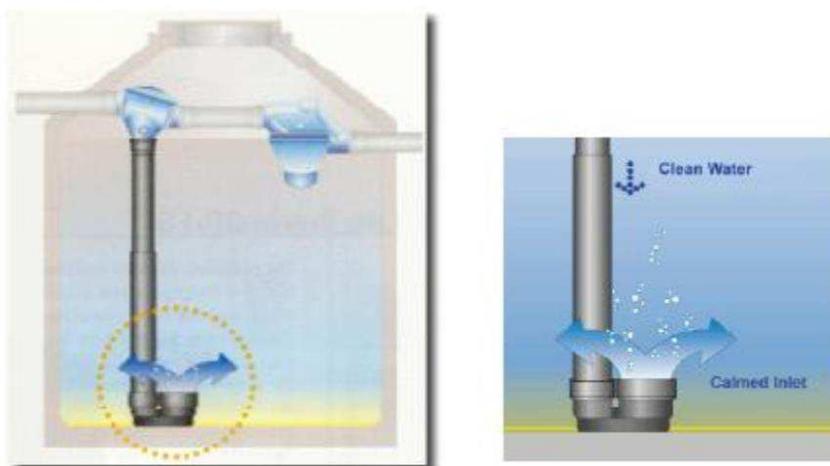
O extravasor ou ladrão deve permitir a saída de água em excesso do sistema e levar a destinação mais adequada, seja a utilização de áreas permeáveis ou direcionando o sistema de drenagem urbana. Em caso de se usar reservatório enterrado, indica-se o uso de extravasores que utilizem o sistema de prevenção de *backflow* (Figura 21), ou seja, que impeça que água curse em sentido contrário, contaminando o reservatório.

Figura 19- Funcionamento de sistema de “*first flush*”



Fonte: RODRIGUES (2010).

Figura 20 - Entrada de água no reservatório



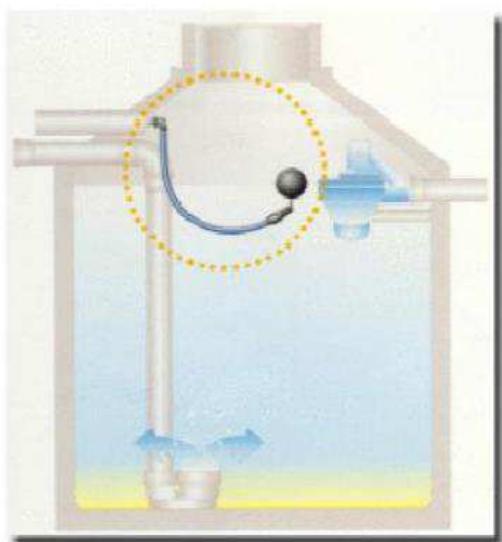
Fonte: RODRIGUES, 2010.

Figura 21 - Válvula que previne o "backflow"



Fonte: RODRIGUES (2010).

Figura 22 - Tomada de água no reservatório



Fonte: RODRIGUES (2010).

O ultimo conjunto que deve constar no reservatório é a tomada de água flutuante (Figura 22), também é um sistema que garante coleta de água da superfície e conseguinte de melhor qualidade, não puxando sedimentos do fundo. Graças a uma mangueira flexível, a funcionalidade do conjunto é mantida, independente do nível do reservatório. Está presente no conjunto uma válvula anti retorno atrás da boca da mangueira, completando a segurança, impedindo a entrada de óleo da bomba e de detergentes.

- Pré-tratamento

O pré-tratamento será realizado no reservatório inferior, seguindo sistema proposto por Ferraz e Silva (2015) utilizando cloro, com tempo de contato mínimo de 30 minutos, e dosagem de 2 ppm, afim de se conservar um residual de 0,5 mg de cloro por litro. Utiliza-se solução de sulfato de alumínio, que pode ser encontrado no mercado em forma de grânulos ou liquido, a uma dosagem de 10 mg / l. Finalizando o pré-tratamento, adiciona-se 2 ml de clorexidina a 2%, injetado no sistema a uma periodicidade mensal.

- Bombas e sistemas pressurizados

Souza (2016) apresenta metodologia para dimensionamento de tubulação de recalque e de sucção, assim como cálculo de potência de conjunto motobomba. Para tubulação de recalque, utiliza-se a fórmula de Forchheimer, ou ábaco gerado a partir da mesma. A tubulação de sucção é determinada como um diâmetro comercial maior que a tubulação de recalque. O conjunto motobomba é dimensionado através da altura manométrica, vazão necessária e rendimento do conjunto. Após dimensionado, deve ser verificado se há cavitação, formação de bolhas de vapor devido a subpressão em consequência ou da velocidade excessiva do rotor ou excesso de altura a ser vencida.

- Tratamento

O tratamento consiste em utilizar um conjunto filtrante. Existem várias opções no mercado de conjuntos filtrantes prontos, dependendo da utilização das águas. Ferraz e Silva (2015) propõem um conjunto filtrante de três módulos:

- a) cartucho de sedimentos;
- b) carvão ativado;
- c) vela com platina.

O cartucho com sedimentos tem como função a remoção de sedimentos e de sólidos em suspensão. O carvão ativado é utilizado para remoção de cloro residual, assim como cor, sabor e odores estranhos à água e outros produtos químicos. O filtro de platina é a última filtragem de desinfecção que retém o material que passou pelos filtros anteriores. Deve ser trocado o recheio a cada seis meses de utilização, ou conforme indicação do fabricante.

- Reservatório superior

Após o tratamento, o caminhamento da tubulação lança a água no reservatório superior, que deverá ser dimensionado conforme mencionado anteriormente, que deverá trabalhar de maneira complementar ao reservatório inferior. A água será direcionada para usos menos nobres. Como citado anteriormente, deve-se tomar cuidado com conexões cruzadas.

3.2.2 Águas Cinzas

Ercole (2003), May (2009) e Knupp (2013) apresentam em seus sistemas soluções sustentáveis, mas tendo em vista o conceito *Earthship*, e a utilização dos insumos das águas cinzas serem utilizados como matéria orgânica para cultivo, seja de jardins ou hortas, nos levam a analisar melhor o proposto por Knupp e Ercole.

Observando os dois sistemas apresentados, constata-se que a melhor escolha seriam as terras úmidas construídas, ou *wetlands*, porquanto reutilizaremos as águas cinzas, enquanto que o LETI tem a proposta de, depois de tratar as águas servidas, infiltrar no solo.

- Separação de águas cinzas e águas negras

Conforme abordado anteriormente, será utilizado sistema separado entre as águas cinzas e negras, a fim de utilizar os sistemas mais avançados de tratamento somente no volume que necessita desse tipo de tratamento. Dessa forma

tanto as águas negras quanto as águas cinzas devem ser tratadas, mas apenas a última será reutilizada.

- Pré tratamento

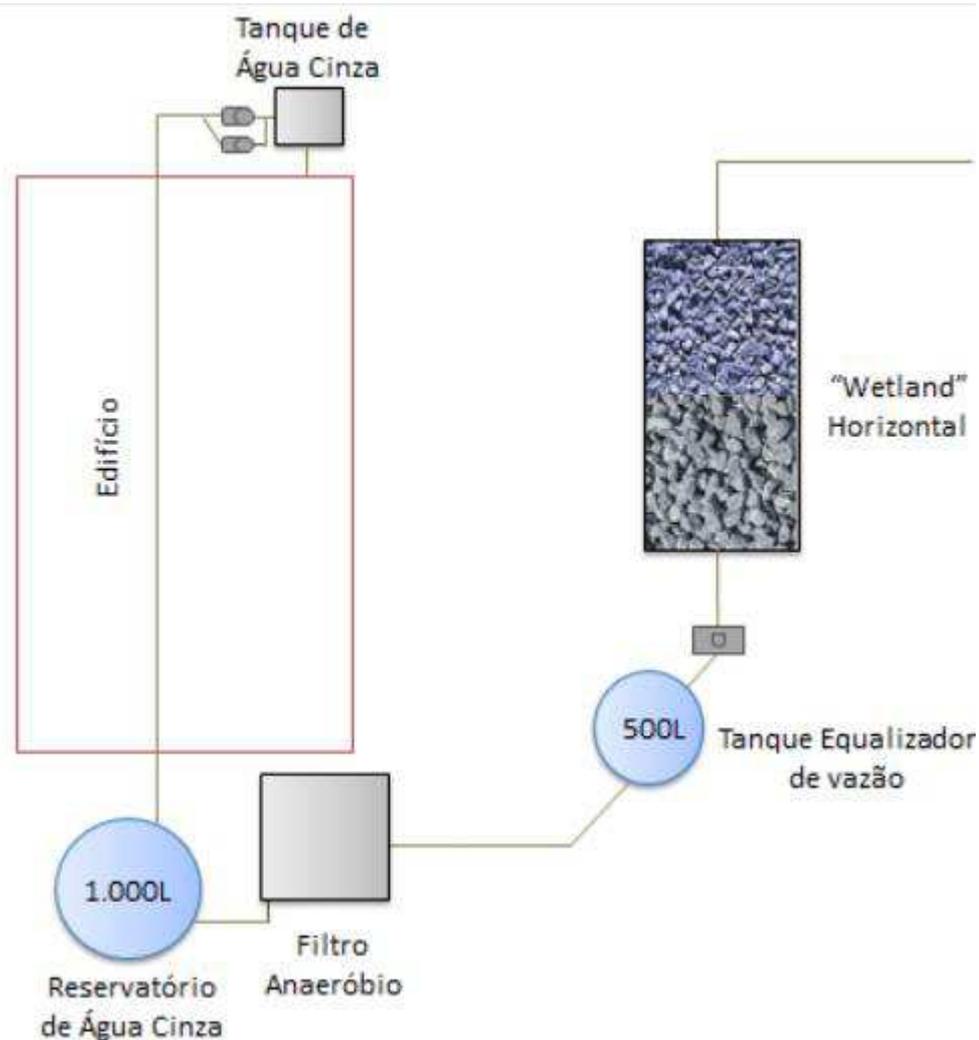
O pré-tratamento é realizado garantindo que não entre no sistema sedimentos de maior granulometria. Dessa maneira, toda a água cinza é direcionada para um tanque primário, passando por um filtro e após esse tanque ela é bombeada para o reservatório de água cinza (Figura 23). Do reservatório superior, a água segue o fluxo por gravidade, até a tomada de água ao fim do *wetland*, onde é direcionada para um reservatório de reuso.

- Tratamento

Como evidenciado na figura 23, o tratamento das águas cinzas é realizado em duas etapas: filtro anaeróbio de fluxo ascendente e *wetland* horizontal. O filtro anaeróbio é composto por três câmaras: filtro biológico aerado submerso, decantador e um filtro terciário.

O tratamento complementar será realizado por um *wetland*, onde o efluente, após passar pelo filtro anaeróbio, terá fatores biológicos, físico e químicos na remoção de organismos patológicos. Como fatores biológicos temos a predação por nematoides e protistas, a morte natural dos microrganismos e ataque de bactérias e vírus, como fatores físicos a filtração pelo solo, exposição aos raios ultravioletas e sedimentação, e como fatores químicos a oxidação, exposição a biocidas excretados por raízes de algumas plantas e absorção de matéria orgânica (PHILIPPI; SEZERINO, 2004 apud Knupp, 2013, p. 48)

Figura 23 - Estação de Tratamento de águas cinza por Knupp



Fonte: Knupp (2013).

O *Wetland* é um sistema artificial construído simulando, através da engenharia, os processos biológicos, físicos e químicos dos *wetlands* naturais. Por ser um tratamento eficiente, possuindo mínimo impacto ambiental e baixo custo, tem sido aplicado no tratamento de águas cinzas com foco em reúso predial (Knupp, 2013).

Knupp (2013) apresenta o Processo Analítico Hierárquico (Analytic Hierchy Process – AHP) que tem por objetivo facilitar a tomada de decisão, para a escolha da macrófita utilizada no *wetland*. Em seu AHP, utilizou critérios como: tolerância das plantas em ambientes saturados, adaptação às condições climáticas, manutenção, remoção de microrganismos patogênicos. É sugerido a realização

desse processo, ou experiência de projetos semelhantes realizados na região para uma melhor escolha no tipo de vegetação utilizado.

- Tanque de água tratada

O tanque posterior a *wetland* é recomendado uma vez que deve ser mantido o nível da água. Na possibilidade de o reservatório superior estar cheio, deve-se extravasar o excedente tratado, por meio de valas de infiltração ou sumidouros. Recomendando-se desinfecção com cloro após o tratamento da água. Pode ser adotado um conjunto filtrante de maneira semelhante a utilizada para águas pluviais, dependendo da utilização a ser adotada, de regas de jardins a descargas sanitárias.

- Bombeamento

De maneira análoga ao apresentado no item **3.2.1**, o conjunto motobomba deve ser dimensionado de acordo com as especificações apresentadas, e com as disponibilidades dos sistemas. Sugere-se que o mesmo seja conectado ao reservatório de reúso, garantindo o melhor aproveitamento e da bomba e da água tratada, não havendo desperdício de água potável em usos menos nobres.

- Reservatório de reúso

O reservatório de reúso será dimensionado de maneira análoga ao exposto no item **3.2.1**, de maneira complementar ao tanque posterior ao *wetland*.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho apresenta soluções brasileiras, de vasta bibliografia, com a finalidade de expor o tema à comunidade acadêmica assim como a população. A conscientização coletiva relacionada à sustentabilidade, deve ser fomentada partindo das academias, com produções técnicas, chegando aos níveis federais, estaduais e municipais, propondo legislações sobre sustentabilidade, construção sustentável e preservação do meio ambiente.

Soluções técnicas brasileiras, sobre sistemas hidrossanitários, que podem ser utilizadas na aplicação do conceito *Earthship* foram elencadas e discutidas com a finalidade de apresentar uma opção viável baseada em técnicas já utilizadas no Brasil. Apesar do país pouca difusão das técnicas abordadas nesse trabalho, atualmente, nota-se projetistas e empresas deixando de lado essa questão ambiental ao negligenciar a importância tanto da coleta de água da chuva quanto do tratamento de águas cinzas.

Percebe-se no mundo de hoje uma preocupação com o ambiental, desde que seja obrigatório por lei ou que um selo seja agregado lateralmente. A transformação que o homem causa ao planeta não ocorre de maneira limitada e muitas vezes é irreversível. Dessa maneira espera-se que a sustentabilidade e a construção sustentável ganhem novos adeptos e defensores consolidando um robusto protagonismo.

Apesar de Reynolds (1990) ter produzido e elaborado o conceito *Earthship* há quase trinta anos, observa-se que importa em um tema atual, pois na mídia constantemente o conceito de cidades inteligentes é abordado, incluindo-se produção de energia própria, coleta de água da chuva, tratamento e reúso adequado de águas servidas, visando maior qualidade de vida a população e um cuidado maior do meio ambiente.

A coleta de água da chuva, seja para reduzir vazão em vias públicas, prevenindo inundações em centros urbanos, ou para reúso, em edificações

residenciais, indústria ou agricultura, tem se mostrado uma ferramenta essencial nos dias de hoje, sendo comprovada cada vez mais sua eficácia.

Apesar de algumas pesquisas desaconselharem o uso de coleta de água da chuva em edificações residenciais, ou com baixo volume mensal, devido ao baixo retorno financeiro, deve-se observar o acompanhamento de um engenheiro para realização dos projetos, objetivando mitigar gastos desnecessários, além de se observar o componente ambiental, que em certas ocasiões não pode ser mensurado. Conforme afirma Rodrigues (2010), o investimento inicial de um projeto de adaptação desse sistema pode ser oneroso caso o mesmo seja mal dimensionado. De maneira que deve ser observado uma boa economia financeira se passarem a ser projetados, seguindo legislações e normas, edificações já com os sistemas de coleta de água da chuva.

Como apresentado anteriormente, apenas 52,36% da população brasileira tem acesso a coleta de esgoto e apenas 45,1% do esgoto é tratado (TRATA BRASIL, 2018), e nesse cenário, o tratamento das águas cinzas, tanto para o reúso quanto para o descarte adequado de águas servidas, tem se tornado necessário.

Comentários

Conceitos apresentados aqui, como sustentabilidade e construções sustentáveis, apesar de já serem discutidos, precisam de incentivo das academias e da ABNT, com produção de material específico e normas técnicas, do estado, com legislações nacionais específicas sobre os temas. De maneira que suporte tanto o uso dessas técnicas como auxilie no dimensionamento e execução das mesmas.

O conteúdo abordado nos item **3.2.1** e **3.2.2** segue as indicações dos trabalhos técnicos e serve de roteiro para desenvolvimentos de soluções técnicas similares.

Recomenda-se para trabalhos posteriores a elaboração de projetos de sistemas hidrossanitários, realizando verificações técnicas sobre condições que podem reduzir o custo da execução e manutenção do sistema, assim como maior benefício ambiental.

Como exemplos de condições que poderiam ser verificadas tecnicamente para trabalhos posteriores, temos:

- a) Sistema de coleta e tratamento de água da chuva por gravidade ou sistema pressurizado/bombeado;
- b) Utilização de sistemas avançados para a potabilização da água da chuva ou apenas tratamento e desinfecção e uso em pontos menos nobres;
- c) Tipos de tratamento de águas cinzas que são mais eficazes e quais podem proporcionar um eventual reúso mais nobre.

REFERENCIAL

ABNT. **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro. 1989.

ABNT. **NBR 12217 - Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro. 1994.

ABNT. **NBR 15527 - Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2007.

ABNT. Construção Sustentável: da teoria à prática. **Boletim ABNT**, p. 22-23, mar./abr. 2014.

ABNT; SEBRAE. Construção Sustentável - Como as normas técnicas podem ajudar a sua empresa, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/010797da87d59e3d24c0e820f87e42dc/\\$File/5290.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/010797da87d59e3d24c0e820f87e42dc/$File/5290.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2018.

ACQUASAVE. **Aproveitamento da água de chuva**, 2019. Disponível em: <<https://acquasave.com.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ASCOM - PUCRS. Saneamento básico e sustentabilidade em debate. **PUCRS**, 2016. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/blog/saneamento-basico-e-sustentabilidade-em-debate/>>. Acesso em: 09 out. 2018.

BARR, A. *et al.* **Melbourne Declaration on Educational Goals for Young Australians**. Ministerial Council on Education, Employment, Training and Youth Affairs. Melbourne, p. 20. 2008.

BASSANESI, K.; BARRETO, D. **Análise de risco do aproveitamento de água da chuva para uso não potável em edificações**. UFSCar. São Carlos, p. 114. 2014.

BASTOS, F. P. **Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. Dissertação de Mestrado.

BELTRAME, E. D. S. Eduardo de Sousa Beltrame. **Meio Ambiente na Construção Civil**, 2013. Disponível em: <http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf>. Acesso em: 2018 jun 05.

BERNARDI, J. D. Level(s) : évaluer la durabilité des bâtiments au niveau européen. **Le Moniteur**, 2017. Disponível em: <<https://www.lemoniteur.fr/article/level-s-evaluer-la-durabilite-des-batiments-au-niveau-europeen.911514>>. Acesso em: 30 set. 2018.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Petrópolis: Editora Vozes, 2017.

BRAGANÇA, L.; MATEUS, R. **Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação da sustentabilidade de soluções construtivas**. Porto: Atlas, 2014.

BRASIL. **LEI No 6.902, DE 27 DE ABRIL DE 1981**. Brasília, 27 abr. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6902.htm>. Acesso em: 20 out. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Brasília, 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 23 set. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 001/1986, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília, 23 jan. 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 25 out. 2018.

BRASIL. **Constituição, 1988. Constituição: República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 237/1997, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1997**. Brasília, 19 dez. 1997. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.htm>>. Acesso em: 28 out. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília, 8 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 24 set. 2018.

BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Brasília, 8 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 24 set. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998**. Brasília, 12 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>. Acesso em: 18 out. 2018.

BRASIL. **Lei no 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Brasília, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 14 out. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 10.257, de 10 de Julho de 2001**. Brasília, 10 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 19 out. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. Brasília, 17 mar. 2005. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 25 out. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**. Brasília, 5 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 18 out. 2018.

BRASIL. **DECRETO Nº 6.514, DE 22 DE JULHO DE 2008**. Brasília, 22 jul. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6514.htm>. Acesso em: 20 out. 2018.

BRASIL. **Legislação ambiental no Brasil é uma das mais completas do mundo**. Governo do Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2010/10/legislacao>>. Acesso em: 25 set. 2018.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 20 out. 2018.

BRITO, N. D. **PROPOSTA DE REUSO DE ÁGUA DE TELHADO PARA CASA DE 70 M² NO MUNICÍPIO DE RIO VERDE - GO.** Rio Verde: UniRV, 2015.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água Pluvial em Edifícios.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2004. 131 p. Dissertação de Mestrado.

CBIC. O Brasil vai precisar de quase 15 milhões de moradias até 2025. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção**, 2017. Disponível em: <<https://cbic.org.br/o-brasil-vai-precisar-de-quase-15-milhoes-de-moradias-ate-2025/>>. Acesso em: 23 set. 2018.

CIB/UNEP-IETC. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries.** CIB/UNEP-IETC. Pretória, p. 91. 2002. A discussion document of The International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) and United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre (UNEP-IETC). Boutek Report No Bou/E0204.

COELHO, R. S. D. A. **Sistemas Hidrossanitários Prediais - Tabelas Práticas.** Universidade Estadual do Maranhão. São Luís. 2016.

CÔRTEZ, R. G. *et al.* CONTRIBUIÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 384-397, 2011. Disponível em: <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V6N3A10/V6N3A10>>. Acesso em: 23 set. 2018.

DODD, N. *et al.* **Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings.** European Commission - Joint Research Centre, Unit B5. Sevilha, p. 68. 2017.

EDUCATION FOR SUSTAINABILITY. Sustainability Organising Ideas. **Getting Started with Sustainability in Shools**, 2015. Disponível em: <<https://sustainabilityinschools.edu.au/organising-ideas>>. Acesso em: 16 out. 2018.

ERIKSSON, E. *et al.* Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 85-104, mar. 2002.

FAUCOMPRÉ, P. Level(s) : un nouveau cadre européen pour la construction durable. **Build Green**, 2017. Disponível em: <<https://www.build-green.fr/levels-un-nouveau-cadre-europeen-pour-la-construction-durable/>>. Acesso em: 02 out. 2018.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **CADERNOS EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 667-681, jul./set. 2017.

FERRAZ, M. F. A.; SILVA, E. M. D. Estudo de Viabilidade de um Sistema de Tratamento para Reutilização de Água em Finalidades Domiciliares Diversas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 702-712, set./dez. 2015.

GROUP RAINDROPS. **Rainwater and you: 100 ways to use rainwater**. Tóquio: Group Raindrops, 1995.

GUTIERREZ, L. D. **Documentos de apoio ao Tema Cidades Sustentáveis e texto base da proposta de Certificação de Sustentabilidade**. Brasília. 2003.

HISCHMAN, A. **Estratégia do desenvolvimento econômico**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

TRATA BRASIL. **Principais estatísticas no Brasil: água, saúde, esgoto, universalização e dados regionais**, 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

JAQUES, R. C. **QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS E SUA POTENCIALIDADE PARA APROVEITAMENTO EM EDIFICAÇÕES**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Dissertação de Mestrado.

JEFFERSON, B. *et al.* Advanced biological unit wasteland recycling. **Urban Water**, v. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

JURAS, I. D. A. G. M. **Rio +10: O plano de ação de Joanesburgo**. [S.l.]: Consultoria Legislativa, 2002.

KEMERICH, P. D. D. C.; RIGHES, A. A.; RUOSO JUNIOR, H. FILTRO DE AREIA PARA ÁGUA DA CHUVA COM FLUXO REVERSO. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 083-098, jan./mar. 2010.

KNUPP, A. M. **Desempenho de um sistema composto por um fitro anaeróbio e um wetland horizontal na produção de água para reúso predial a partir de água cinza clara**. Vitória : Universidade Federal do Espírito Santo, 2013. Dissertação de Mestrado

KOHLER, M. C. M. **Agenda 21 local: desafios da sua implementação: experiências de São Paulo, Rio de Janeiro, Santos e Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo: São Paulo, 2003.

LAKE OF THE OZARKS PERMACULTURE. WATER TREATMENT FOR OFF-THE-GRID RAINWATER HARVESTING SYSTEMS. **LAKE OF THE OZARKS PERMACULTURE**, 2016. Disponível em: <<http://www.lakeoftheozarkspermaculture.com/rainwater-harvesting/water-treatment-rainwater-harvesting-wom/>>. Acesso em: 15 out. 2018.

LAURIANO, L. A. **Como anda a gestão da sustentabilidade no setor da construção?** FDC Núcleo de Sustentabilidade. Nova Lima, p. 49. 2013. (RP1301).

LEAL, G. C. S. D. G.; FARIAS, M. S. S. D.; ARAUJO, A. D. F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**., Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 1-11, jan. 2008.

LIMA, S. F. D. Introdução ao Conceito de Sustentabilidade Aplicabilidade e limites. **Caderno da Escola de Negócios - UniBrasil**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 14, jan-dez 2006.

MARANHÃO. Lei Estadual Nº 5.405 de 08 de abril de 1992. **Secretaria de Transparencia e Controle - MA**, 1992. Disponível em: <<http://www.stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=1823>>. Acesso em: 08 out. 2018.

MARANHÃO. LEI ESTADUAL Nº 5.405 DE 08 DE ABRIL DE 1992. **Secretaria de Transparencia e Controle - MA**, 1992. Disponível em: <<http://www.stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=1823>>. Acesso em: 08 out. 2018.

MARANHÃO. LEI ESTADUAL Nº 8.149 DE 15 DE JUNHO DE 2004 , 2004. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/panorama-dos-estados/ma/lei-no8-149-04_ma.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

MARKUS, B.-D.; ANDREA, M. **CESBA – Common European Sustainable Building Assessment**. World Sustainable Building Conference 2014. Barcelona, p. 149-155. 2014. (978-84-697-1815-5).

MASSINE, M. C. L. **Sustentabilidade e educação ambiental – Considerações acerca da Política Nacional de Educação Ambiental – a conscientização ecológica em foco**. XIX Encontro Nacional do CONPEDI. Ceará: [s.n.]. 2010. p. 2757-2770.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering - Treatment and Reuse**. 4. ed. Nova York: McGraw Hill, 2003.

MIELI, J. C. D. A. **Reuso de Água Domiciliar**. Niterói. 2001. Dissertação de Mestrado.

MIKHAILOVA, I. SUSTENTABILIDADE: EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS TEÓRICOS E OS PROBLEMAS DA MENSURAÇÃO PRÁTICA. **Revista Economia e Desenvolvimento**, Recife, n. 16, p. 22-41, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação Nº 5/2017**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2017.

MOREIRA, V. D. S.; SILVEIRA, S. D. F. R.; EUCLYDES, F. M. **“Minha Casa, Minha Vida” em números: quais conclusões podemos extrair?** Encontro Brasileiro de Administração Pública. João Pessoa: [s.n.]. 2017. p. 594-613.

MOTA, M. B. M.; MANZANARES, M. D.; SILVA, R. A. Viabilidade de Reutilização de Água para Vasos Sanitários. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 2, n. 2, Agosto 2006.

MPMA. Legislação Municipal. **Ministerio Público do Estado do Maranhão**, 2011. Disponível em: <<https://www.mpma.mp.br/index.php/26-centros-de-apoio/cauma/paginas-estaticas/112-legislacao-municipal>>. Acesso em: 15 out. 2018.

NUNES, P. H. F. Mineração, meio ambiente e desenvolvimento sustentável-aspectos jurídicos e sócio-econômicos., 2009. Disponível em: <<http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/26164-26166-1-PB.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.

ONU BRASIL. ONU-HABITAT lança versão em português da Nova Agenda Urbana. **ONU BR**, 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-habitat-lanca-versao-em-portugues-da-nova-agenda-urbana/amp>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

OLIVEIRA, G. *et al.* **PERDAS DE ÁGUA 2018 (SNIS 2016): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO**. Instituto Trata Brasil. São Paulo, p. 68. 2018.

OTTHERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey - new colours of sanitation. **Water 21**, n. 3-5, p. 37-41, out. 2001.

OTTOSON, J.; STENSTRÖM, T. A. Faecal containment of greywater and associated microbial riss. **Water Research**, v. 37, n. 3, p. 645-655, fev. 2003.

PIDOU, M. *et al.* Greywater recycling: treatment options and applications. **Engineering Sustainability**, v. 160, n. 3, p. 119-131, set. 2007.

PINHEIRO, M. D. **Ambiente e Construção Sustentável**. Instituto do Ambiente. Lisboa. 2006.

PLESSIS, C. D. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**. CIB/UNEP-IETC. Pretória, p. 91. 2002. A discussion document of The International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) and United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre (UNEP-IETC). Butek Report No Bou/E0204.

REYNOLDS, M. Earthship: How to build your own. North Miami, FL: **Solar Survival Architecture**, v. 1, 1990.

RODRIGUES, J. C. M. R. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais - Dimensionamento e Aspectos Construtivos**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade Do Porto, 2010. p. 112. Dissertação de Mestrado.

ROTH, C. D. G.; GARCIAS, C. M. Construção civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, n. 7, p. 111-128, jan/jun 2009.

RUPP, R. F.; MUNARIN, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011.

SANTOS, D. C. D. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, out./dez. 2002. p. 7-18.

SÃO LUIS. **Lei Nº 4.669, de 11 de outubro de 2006**. 11 out. 2006. Disponível em: <https://www.mppma.mp.br/arquivos/COCOM/arquivos/centros_de_apoio/cao_meio_ambiente/legislacao/legislacao_municipal/Noticia1221A967.zip>. Acesso em: 13 out. 2018.

SEBRAE. **Normas técnicas para construções sustentáveis**. SEBRAE, 2015. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/bis/normas-tecnicas-para-construcoes-sustentaveis,bf5de761e395b410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 19 out. 2018.

SENADO FEDERAL. PROJETO DE LEI DO SENADO Nº 2457, DE 2011. **Brasília**, 2011. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=12DA59B9AA47761711FDBD1447CE2E03.proposicoesWebExterno2?codteor=927048&filename=PL+2457/2011>. Acesso em: 20 out. 2018.

SENADO FEDERAL. PROJETO DE LEI DO SENADO Nº 58, DE 2016. **Brasília**, 2016. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=3950615&ts=1534194134339&disposition=inline&ts=1534194134339>>. Acesso em: 20 out. 2018.

SILVEIRA, B. Q. D. **REUSO DA ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

SOUZA, R. F. D. S. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias: Aula 04 – Instalações de recalque**. São Luís: [s.n.]. 2016. Color.

TEIXEIRA, L. P.; CARVALHO, F. M. A. D. A Construção Civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 109, p. 09-26, jul./dez. 2005.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água da Chuva**. São Paulo: Navegar, 2003.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de Esgotos Domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. UNICAMP. Campinas, p. 153. 2018. (978-85-85783-94-5).

TORGAL, F. **Construção Sustentável: O caso dos Materiais de Construção**. Congresso Nacional da Construção. Coimbra. 2007.

TRATA BRASIL. **Instituto Trata Brasil**, 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>. Acesso em: 20 nov 2018.

VILLAS BOAS, B.; CONCEIÇÃO, A. Valor Econômico. **Déficit de moradias no país já chega a 7,7 milhões**, 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/5498629/deficit-de-moradias-no-pais-ja-chega-77-milhoes>>. Acesso em: 03 jul. 2018.

WCED. **Our Common Future**. ONU, p. 300, 1987. Disponível em: <http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/42/427&Lang=E>. Acesso em: 04 set. 2018.