

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EDERSON CRISTOVÃO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO USO E CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO
CIVIL**

CAMPO MOURÃO

2018

EDERSON CRISTOVÃO PEREIRA

AVALIAÇÃO DO USO E CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

AVALIAÇÃO DO USO E CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

por

Ederson Cristovão Pereira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16h30min do dia 20 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Me. Angelo Giovanni Bonfim
Corelhano**

(UTFPR)

Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

(UTFPR)

**Prof^ª. Dr^ª. Fabiana Goia Rosa de
Oliveira**

(UTFPR)

Orientadora

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

*À minha mãe, Valdeci,
com todo amor e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por ser minha fortaleza, refúgio e proteção em todos os momentos, por ter colocado em meu caminho todas estas pessoas especiais.

À minha mãe, Valdeci, por exercer tão bem esse papel em minha vida, não medindo esforços para me ver feliz. Não há palavras que descrevam tudo o que fez e faz por mim e o como sou grato por isso.

À minha irmã Elisângela, e ao meu cunhado Cloude, por todo incentivo, apoio e compreensão.

Às minhas demais irmãs, Elis e Elesandra, que compõem minha base familiar, por sempre intercederem por mim.

Aos meus amigos, pelos momentos vividos e experiências compartilhadas, por dividir as tristezas e multiplicar as alegrias. Guardo cada um no coração e nas lembranças.

À minha orientadora Fabiana Goia, que acompanhou boa parte da minha trajetória na Universidade, antes mesmo de ingressar no curso de Engenharia Civil, com papel fundamental na realização desse trabalho, sempre muito prestativa, dedicando-se com muita paciência e comprometimento.

Aos professores Angelo Giovanni, Jorge Goes e Luciene Ricardo, por serem excelentes profissionais, sempre dispostos a compartilhar seus conhecimentos e por participarem da banca examinadora desse trabalho.

Aos demais professores da UTFPR que fizeram parte da minha graduação.

E por fim, a todos que não foram citados diretamente, mas que contribuíram de forma direta ou indireta para a minha formação acadêmica.

*“Vença a si mesmo e terá vencido o seu
próprio adversário.”
Provérbio japonês*

RESUMO

PEREIRA, Ederson C. **Avaliação do uso e consumo de água na construção civil**. 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

A construção civil representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, com atuação em todo ciclo de vida das estruturas, desde a concepção, até à demolição. Configura-se entre as atividades humanas que mais consomem água, com grande potencial de contribuição na preservação dos recursos hídricos. Do volume mundial de água doce, aproximadamente 17% é utilizado na indústria da construção, nos países industrializados o consumo pode chegar a 25%. Este estudo busca avaliar o uso e o consumo de água na construção de edifícios de múltiplos pavimentos, com enfoque em sua gestão nos canteiros de obras, por meio da compilação de dados fornecidos por documentos técnicocientíficos. Nos edifícios, os impactos refletem-se de diferentes formas, nas diferentes fases do ciclo de vida, em elevadas proporções. No Brasil, o sistema construtivo tradicional é predominante, com elevados consumos de concretos e argamassas, que possuem alta representatividade nos excessivos volumes de água consumidos. Nos canteiros de obras, as etapas críticas de consumo dão-se nos serviços de fundação e acabamentos. Em razão da gestão, complexidade, área construída e características construtivas das obras, os indicadores de consumo de água apresentados não se mostraram estáveis. Para que a gestão da água nos canteiros de obras ocorra de maneira eficaz, torna-se necessário a tomada de um conjunto de ações, desde a conscientização dos indivíduos até à evolução no processo de construir.

Palavras-chave: Gestão da água. Consumo sustentável. Canteiro de obras.

ABSTRACT

PEREIRA, Ederson C. **Evaluation of water use and consumption in construction.** 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2018.

Civil construction represents human activity with the greatest impact on the environment, operating throughout the structure's life cycle, from design to demolition. It is among the human activities that consume most water, with great contribution's potential in the water resource's preservation. Of the world's freshwater volume, approximately 17% is used in the construction industry, in the industrialized countries the consumption can reach 25%. This study aims to evaluate the use and consumption of water in the construction of multi-storey buildings, with a focus on their management at the construction sites, through the compilation of data provided by technical-scientific documents. In buildings, the impacts are reflected in different forms, at different stages of the life cycle, in high proportions. In Brazil, the traditional construction system is predominant, with high consumption of concrete and mortars, which have high representativity in the excessive volumes of water consumed. At construction sites, the critical stages of consumption occur in foundation services and finishes. Due to the management, complexity, built area and building's constructive characteristics, the water consumption indicators presented were not stable. In order for water management in construction sites to take place effectively, it is necessary to take a set of actions, from the awareness of individuals to the evolution in the process of building.

Keywords: Water management. Sustainable consumption. Construction site.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição da água no planeta Terra	18
Figura 2 – Escassez de água no mundo	20
Figura 3 – Balanço entre disponibilidade hídrica e demanda de água	21
Figura 4 – Retiradas globais de água doce	23
Figura 5 – Demanda consuntiva consumida no Brasil	23
Figura 6 – Esquema de captação de água pluvial.....	29
Figura 7 – Esquema de captação de águas cinzas	31
Figura 8 – Participação percentual de acordo com a atividade	34
Figura 9 – Estrutura de um edifício em <i>wood frame</i> no Paraná	56
Figura 10 – Edifício em sistema construtivo <i>steel frame</i>	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição mundial de água doce.....	19
Tabela 2 – Consumo de água na cura do concreto.....	38
Tabela 3 – Consumo de água na produção de argamassa industrializada	39
Tabela 4 – Consumo de água na dosagem de tinta	39
Tabela 5 – Histórico de consumo de água nos canteiros de obras, caso 1	40
Tabela 6 – Histórico do consumo de água por fase construtiva, caso 1	41
Tabela 7 – Consumo de água por método construtivo, caso1	41
Tabela 8 – Principais características físicas dos empreendimentos, caso 2	42
Tabela 9 – Características construtivas dos empreendimentos, caso 2.....	42
Tabela 10 – Consumo de água nas obras, caso 2	43
Tabela 11 – Características principais dos empreendimentos, caso 3.....	44
Tabela 12 – Consumo de água na produção de concretos e argamassas, caso 3 ...	44
Tabela 13 – Consumos de água nas obras, caso 3	45
Tabela 14 – Características principais dos empreendimentos, caso 4.....	46
Tabela 15 – Consumo de água nas obras, caso 4	46
Tabela 16 – Características físicas e indicadores de consumo, caso 5	47
Tabela 17 – Requisitos para água de amassamento.....	50
Tabela 18 – Teores máximos das substâncias químicas para água de amassamento	51

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
DBO	Demanda Química de Oxigênio
FEC	Faculdade de Engenharia Civil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPTU	Imposto Territorial e Predial Urbano
IRWR	Internal Renewable Water Resources
TEM	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
OSB	Oriented Strand Board
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PET	Poli Tereftalato de Etila
PIB	Produto Interno Bruto
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PROACQUA	Programa de Qualidade e Produtividade dos Sistemas de Medição Individualizada de Água
PRO-ÁGUA	Programa de Conservação de Água
PUERHE	Programa Permanente para Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos
PURA	Programa de Uso Racional de Água
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações
PURE	Programa Permanente para Uso Eficiente de Energia
PVAW	Residual Water Of Polyvinyl
PVC	Policloreto de Polivinila
RGW	Raw Grey Water
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

TCPO	Tabela de Composições de Preços para Orçamentos
TGW	Treated Gray Water
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UNICAMP	Universidade de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
WWAP	World Water Assesment Programme

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	JUSTIFICATIVA	16
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
5	A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A CONSTRUÇÃO CIVIL	18
5.1	ÁGUA COMO RECURSO NATURAL	18
5.1.1	Disponibilidade hídrica no planeta Terra	18
5.1.2	Disponibilidade hídrica no Brasil.....	20
5.1.3	Uso e consumo dos recursos hídricos.....	22
5.2	GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS EDIFICAÇÕES.....	24
5.2.1	Programas de conservação em instituições de ensino	24
5.2.2	Programas de conservação em esferas federais e municipais.....	26
5.2.3	Fontes alternativas	28
5.3	A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	32
5.3.1	Panorama do setor construtivo brasileiro	32
5.3.2	Edifícios de múltiplos pavimentos no Brasil.....	35
5.4	DEMANDA POR ÁGUA NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS	37
5.4.1	Uso e consumo humano	37
5.4.2	Uso e consumo na execução do edifício	37
5.5	ESTUDOS DE CASO.....	40
5.5.1	Estudo de caso 1	40
5.5.2	Estudo de caso 2	41
5.5.3	Estudo de caso 3	44
5.5.4	Estudo de caso 4	45
5.5.5	Estudo de caso 5.....	46
5.6	GESTÃO DA ÁGUA NO CANTEIRO DE OBRAS.....	47
5.6.1	Medidas de conservação.....	47
5.6.2	Utilização da água pluvial no brasil.....	49
5.6.3	Reuso internacional de água na construção civil.....	52
5.6.4	Sistemas construtivos industrializados a seco.....	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	59

REFERÊNCIAS.....	61
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural limitado, essencial para todos os setores da sociedade, principalmente para o bem-estar e sobrevivência de grande parcela das espécies que habitam a Terra. Segundo WWAP (2015), a água está no centro do desenvolvimento sustentável.

As preocupações sobre sua escassez são crescentes, desde a década de 1980, com a expansão da produção de bens e o crescimento demográfico, passou-se a demandar excessivos volumes desse recurso. Como reflexo várias ações vêm sendo tomadas para sua conservação, no Brasil e no mundo, e tem envolvido os meios técnico e acadêmico, empresas e prestadores de serviços com grande abrangência (TAMAKI; GONÇALVES, 2004).

Entre as diversas possibilidades de uso, a água é necessária para a produção de alimentos, higiene pessoal, lavagem de roupas e utensílios, manutenção e limpeza das habitações, produção de energia elétrica, na limpeza das cidades, na construção civil e no combate a incêndios.

Na construção civil, representa um dos componentes mais importantes na produção de concretos e argamassas, imprescindível na umidificação do solo e na compactação de aterros. É utilizada também como ferramenta nos trabalhos de limpeza, resfriamento e cura do concreto (NETO, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o uso e o consumo de água na construção de edifícios de múltiplos pavimentos, com enfoque em sua gestão nos canteiros de obras.

2.2 Objetivos Específicos

- Sistematizar informações referentes à disponibilidade, uso, consumo e conservação dos recursos hídricos;
- Caracterizar o setor da construção civil na produção de edifícios de múltiplos pavimentos;
- Levantar indicadores de consumo de água nos canteiros de obras de edifícios, por meio de estudos de casos;
- Buscar ações para a gestão do consumo de água nos canteiros de obra.

3 JUSTIFICATIVA

A escassez da água é uma temática recorrente entre a população mundial. Como evidência da situação alarmante da disponibilidade de água doce, a crise hídrica assola diversos países. Desse modo, exige-se grande mobilização por parte da sociedade e das indústrias para a melhor gestão desse recurso. O relatório do WWAP (2015) alerta para a crescente pressão sofrida pelos recursos hídricos, que provavelmente levará a mais disputas entre os setores da economia, bem como entre as regiões e nações.

A qualidade da água em todo o mundo é cada vez mais ameaçada, à medida que as populações humanas crescem, atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global. A demanda de água deverá aumentar significativamente nas próximas décadas, além do setor agrícola, grandes aumentos da demanda de água são previstos para a indústria e produção de energia. A urbanização acelerada e a expansão dos sistemas municipais de abastecimento de água e saneamento também contribuem para a crescente demanda (WWAP, 2017). Até 2030 o planeta pode enfrentar um déficit de água de 40%, a não ser que haja uma melhora drástica em sua gestão (WWAP, 2015).

Na mesma proporção em que a população cresce, aumenta-se as atividades humanas, nas quais as atividades de construção estão inseridas. Nessa interação, a indústria da construção civil representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, com atuação em todo ciclo de vida das estruturas, desde a concepção até à demolição. Principalmente, o setor dos edifícios, por apresentar uma elevada interligação com as três dimensões do desenvolvimento sustentável, o meio ambiente, a sociedade e a economia (MATEUS, 2009).

Nesse contexto, a construção civil tem papel fundamental na contribuição para a conservação dos recursos hídricos, o que justifica a necessidade de avaliar o uso e consumo de água na fase de execução dos edifícios, com o intuito de apresentar medidas alternativas sustentáveis para sua melhor gestão.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para a elaboração deste trabalho voltou-se à compilação de dados fornecidos por documentos técnicocientíficos, nacionais e internacionais, em meios físico e eletrônico, onde buscou-se informações relevantes sobre às questões que envolvem a problemática da água na sociedade, bem como sobre suas relações com a construção civil. Dentre as diversas origens dos documentos, encontram-se: relatórios, artigos, dissertações e normas. Assim, a pesquisa classifica-se como bibliográfica de cunho exploratório, prosseguindo da seguinte maneira:

Inicialmente, apresentou-se uma ordem de grandeza e as preocupações acerca dos recursos hídricos, por meio da abordagem da disponibilidade, uso e consumo de água doce na Terra e no Brasil, tal como às principais ações para sua conservação nas edificações.

Em seguida, de acordo com a importância social, econômica e ambiental, caracterizou-se a indústria da construção civil, com enfoque nos sistemas construtivos de edifícios de múltiplos pavimentos e na demanda de água nos canteiros de obras dos mesmos.

Logo, mediante estudos de caso apresentados por outros documentos, obteve-se parâmetros de consumo nos canteiros de obras, os quais permitiram a identificação das demandas críticas na construção civil.

Por fim, apontou-se medidas para a conservação dos recursos hídricos nos canteiros de obras, as quais compreendem a utilização de equipamentos economizadores, fontes alternativas, sistemas construtivos industrializados, entre outras.

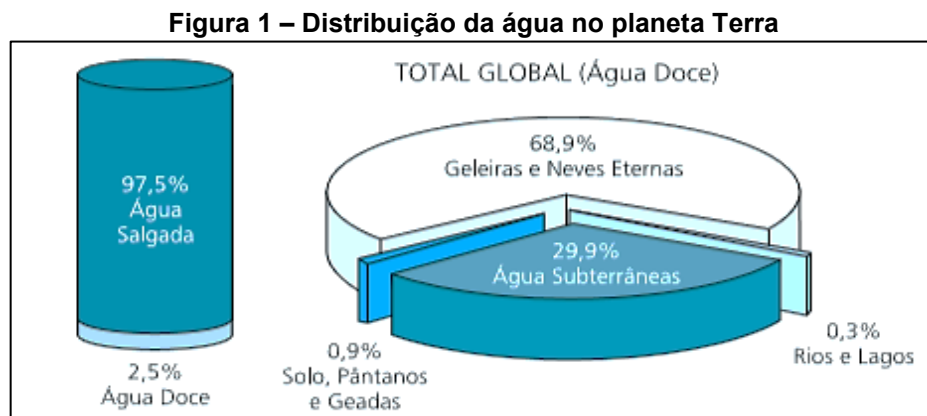
5 A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A CONSTRUÇÃO CIVIL

5.1 ÁGUA COMO RECURSO NATURAL

A água forma os oceanos, os mares, os lagos, os rios e as águas subterrâneas encontradas nas camadas superiores da crosta terrestre e da cobertura do solo, sendo a substância mais difundida no ambiente natural. A sua mudança constante de fase ocorre de maneira permanente, isso dificulta a avaliação do armazenamento total na Terra de forma confiável (SHIKLOMANOV,1998). Nesse item, aborda-se a disponibilidade da água no planeta e no Brasil, seus múltiplos usos e consumos.

5.1.1 Disponibilidade hídrica no planeta Terra

Shiklomanov (1998) estima que a quantidade da água na terra seja cerca de 1.386 bilhões de km³, dessa porção, 97,5% são águas salgadas e apenas 2,5% são doces. Dos 2,5% da água doce, 68,7% está na forma de gelo e cobertura de neve, 29,9% existem como águas subterrâneas, 0,90% respondem pela umidade do solo e pela água dos pântanos e apenas 0,26% estão concentradas em lagos, reservatórios e sistemas fluviais onde são mais facilmente acessíveis. Na figura 1 ilustra-se a distribuição de água na Terra.



Fonte: Brito et al. (2007)

A desigualdade na distribuição e o crescimento acelerado da população criam cada vez mais problemas de disponibilidade e acessibilidade dos recursos hídricos. Outras circunstâncias como: a seca, perdas na distribuição, danos às

infraestruturas hídricas, entre outros, contribuem para a crescente escassez de água doce.

A captação de água doce tem aumentado cerca de 1% ao ano mundialmente, principalmente devido à crescente demanda dos países em desenvolvimento (WWAP, 2016a). As previsões são que até 2030 o planeta enfrentará um déficit de 40%, já para 2050, com a população mundial estimada em 9,3 bilhões de habitantes, haverá um aumento da demanda hídrica de 55%, porém, os recursos hídricos não se multiplicarão (WWAP, 2015). A distribuição mundial de água doce é apresentada na tabela 1, na qual é possível verificar que além de haver pouca água doce disponível, a mesma encontra-se mal distribuída entre os continentes.

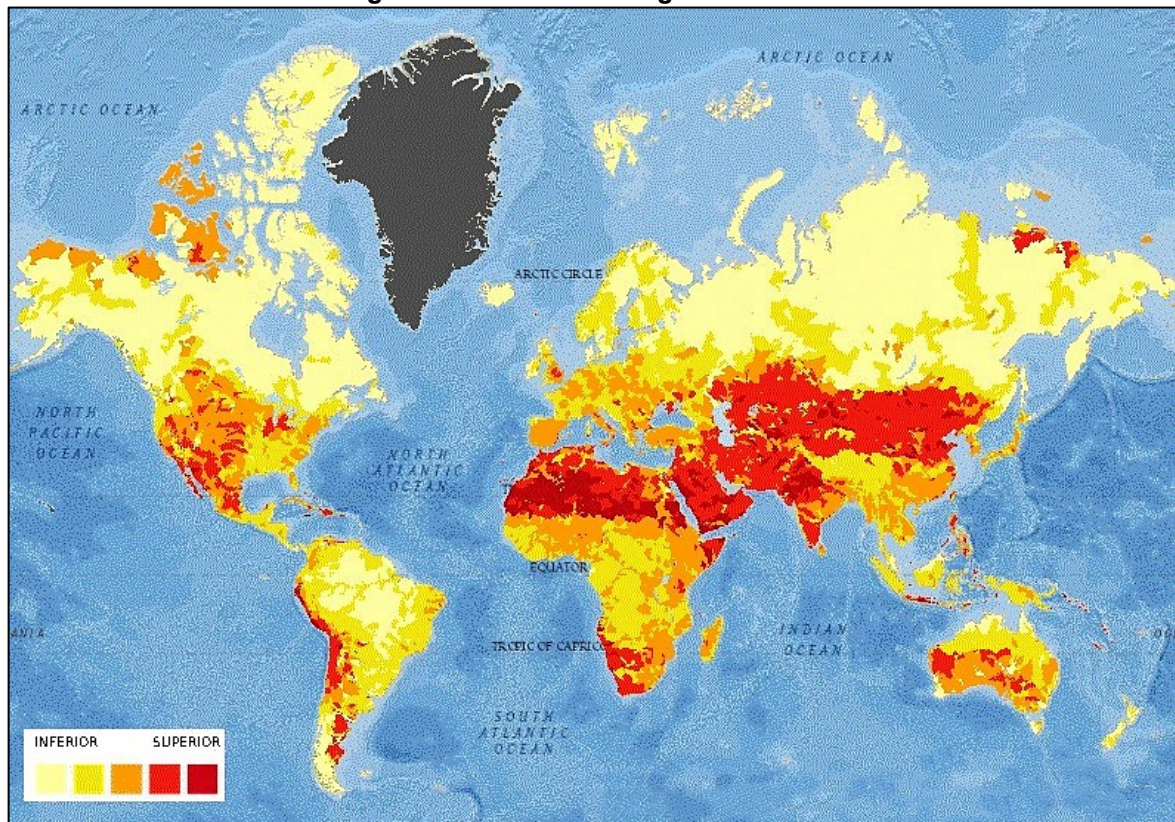
Tabela 1 – Distribuição mundial de água doce

Região	Parcela (%)
África	9,7
Américas	39,6
Ásia	31,8
Europa	15
Oceania	3,9

Fonte: ANA (2007)

Cerca de 500 milhões de pessoas vivem em áreas onde o consumo de água excede duas vezes os recursos hídricos locais. Atualmente 2/3 da população mundial vivem em áreas que experimentam escassez pelo menos uma vez por ano, sendo que 50% dessa população encontram-se na China e na Índia (WWAP, 2017). Na figura 2, demonstra-se o risco da falta de água no mundo em diferentes níveis de escassez.

Figura 2 – Escassez de água no mundo



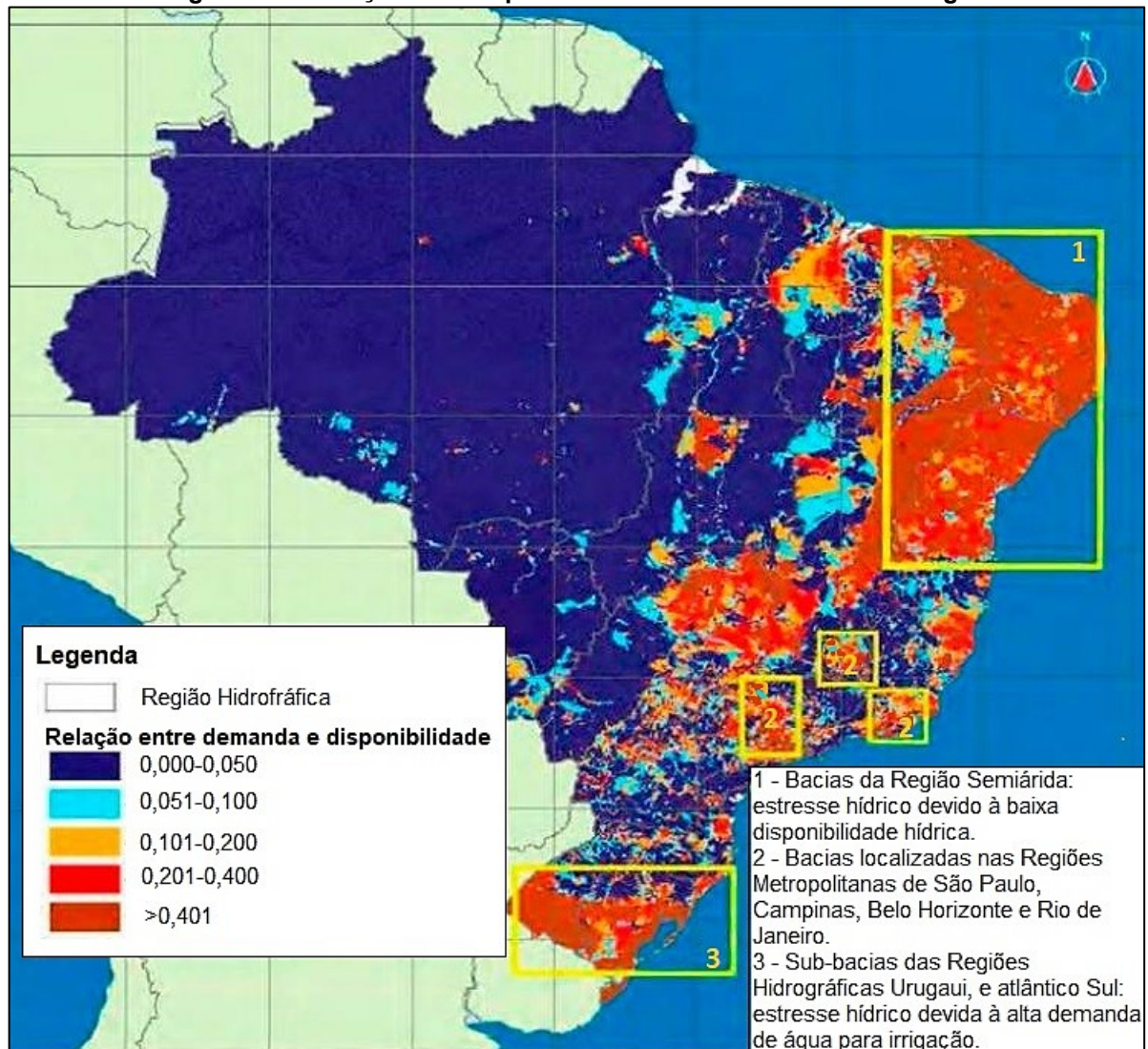
Disponível em: <<http://www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas>>

Mesmo em diferentes níveis de riscos, é visível que a escassez de água é um problema que afeta todos os continentes. Até mesmo os países com recursos hídricos abundantes, seja por efeitos climáticos ou por dificuldades logísticas para o fornecimento de água.

5.1.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

O Brasil possui a vantagem de pertencer ao grupo de países ricos e abundantes em água doce, detém 13% dos recursos hídricos mundiais, entretanto, as regiões com menor população apresentam disponibilidade hídrica muito superior às regiões com grandes contingentes. A Região Hidrográfica Amazônica representa 81% da água doce brasileira, onde encontra-se 5% do contingente populacional e a menor demanda. Nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos que concentram 45,5% da população do país (ANA, 2017). No mapa da figura 3, ilustra-se o balanço entre disponibilidade hídrica e demanda de água.

Figura 3 – Balanço entre disponibilidade hídrica e demanda de água



Fonte: CBCS *et al.* (2014)

Fica visível que essa vantagem quantitativa não representa uma segurança de abastecimento à população, uma vez que essa distribuição é bastante desigual. Além da má distribuição dos recursos hídricos nacionais, outro fator preocupante é a ineficiência dos serviços de abastecimento de água e a seca.

Os dados do SNIS (2017) demonstram que o índice de perdas na distribuição dos serviços de abastecimento de água, no ano de 2015, foi de 37%. A região Norte apresenta a maior perda entre estados com 46,3%, o índice variou entre 62,6% (Maranhão) e 30,1% (Goiás). Esses dados contabilizam toda a água fornecida ao consumidor, mas não medida, além de vazamentos nos dutos de distribuição.

A seca afetou a Região Metropolitana de São Paulo, mais recentemente, nos verões de 2013-2014 e 2014-2015, porém, a Região Sudeste do Brasil já

experimentou secas sazonais intensas em 1953, 1971 e 2001. Outras regiões ou estados do Brasil, como o Nordeste, vivenciam esse fenômeno. Essa crise hídrica é resultado da combinação de baixos índices pluviométricos, grande crescimento da demanda de água, ausência de planejamento adequado para o gerenciamento dos recursos hídricos e da ausência de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água (MARENGO et al., 2015).

5.1.3 Uso e consumo dos recursos hídricos

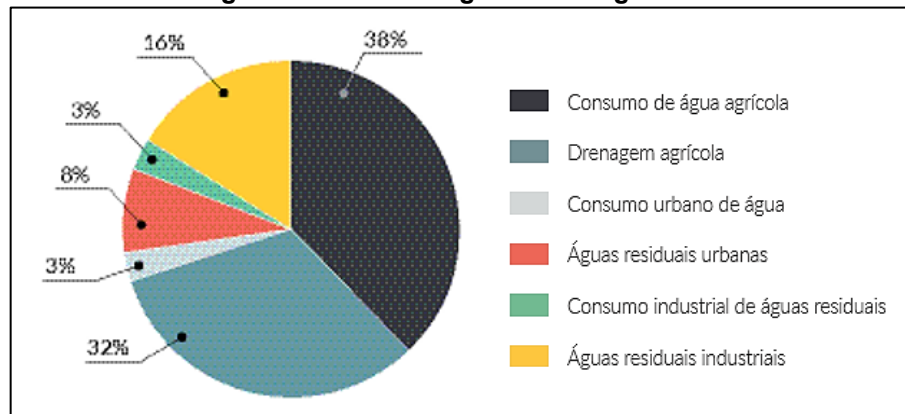
A água funciona como fator de desenvolvimento econômico, é utilizada em diversas atividades, de várias maneiras, a fim de atender inúmeras necessidades, sendo que a mais nobre e primordial é a dessedentação humana (TUNDISI, 2003). Portanto, sua demanda global é fortemente influenciada pelo crescimento da população, pela urbanização, pelas políticas de segurança alimentar e energética, e pelos processos macroeconômicos (WWAP, 2015).

O uso dos recursos hídricos é dividido por Mota (1997) em consuntivos e não consuntivos. O abastecimento doméstico e industrial, irrigação e a dessedentação de animais são considerados consuntivos, a preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, pesca, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos são considerados não consuntivos. O maior consumo de água fica por conta dos usos consuntivos.

No consumo doméstico, além da ingestão, a água é utilizada para o preparo de alimentos, lavagem de utensílios, higiene corporal, lavagem de roupas, afastamento de dejetos e higiene do ambiente. Estima-se que cada indivíduo necessitaria de cerca de 1 m³ de água, por ano, para dessedentação, e adicionais 100 m³ para propósitos domésticos (MOTA, 1997).

Nas indústrias, grandes quantidades de água são utilizadas como matéria-prima na remoção de impurezas, na geração de vapor e na refrigeração. O setor agrícola é responsável por 70% da extração de água para a irrigação em todo o mundo (WWAP, 2016b).

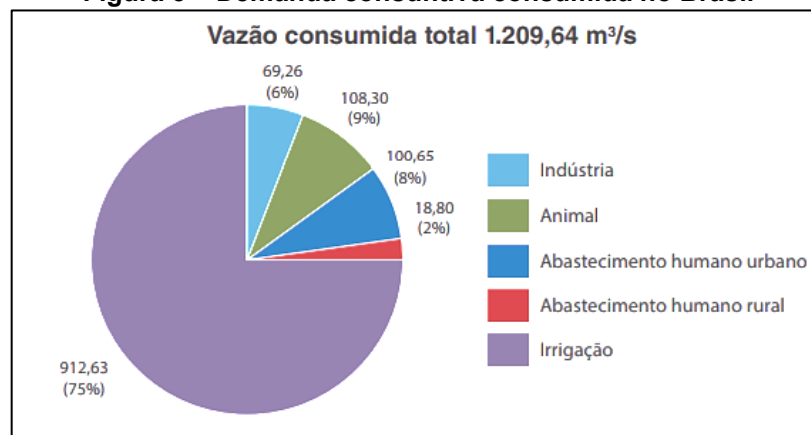
Seguido do setor agrícola, os principais usos são o industrial e abastecimento doméstico. No gráfico da figura 4, ilustra-se de maneira mais detalhada as porcentagens de retirada global de água.

Figura 4 – Retiradas globais de água doce

Fonte: WWAP (2017)

Estima-se que até 2050 esses consumos aumentarão de maneira significativa. A agricultura precisará produzir globalmente 60% a mais de alimentos, e 100% a mais nos países em desenvolvimento. Para a indústria manufatureira prevê-se um aumento de 400% da demanda global de água, afetando todos os outros setores, com a maior parte desse aumento em economias emergentes e em países em desenvolvimento (WWAP, 2015).

No Brasil, segundo ANA (2016), a vazão efetivamente consumida foi de 1.209,64 m³/s em 2015. Na figura 5, demonstra-se a distribuição de consumo por setor.

Figura 5 – Demanda consuntiva consumida no Brasil

Fonte: ANA (2016)

Da vazão consumida, o setor de irrigação foi responsável pela maior parcela de retirada, seguido das vazões para fins de abastecimento humano urbano, industrial, animal e abastecimento humano rural.

5.2 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS EDIFICAÇÕES

A gestão dos recursos hídricos nas edificações consiste no planejamento de ações para manter os indicadores de consumo em níveis adequados, seja na forma de eliminação das perdas físicas, na utilização de novas tecnologias ou na revisão de um processo que usa água (FLAVIO *et al.*, 2015). Nesse item, aborda-se os programas de gestão da água em instituições de ensino e em esferas federais e municipais, além de apresentar fontes alternativas para a conservação da água potável.

5.2.1 Programas de conservação em instituições de ensino

O Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo (PURA-USP) foi criado em 1995 através do convênio entre a Escola Politécnica da USP, Sabesp e IPT. Em 1997 iniciaram-se as ações para a implantação de um estudo de caso no *campus* da USP. Segundo Tamaki e Gonçalves (2004) o programa tem como objetivos principais:

- Reduzir o consumo de água nas Unidades da USP, através de ações de caráter tecnológico e comportamental, e manter o perfil de consumo reduzido ao longo do tempo;
- Implantar um sistema estruturado de gestão da demanda da água;
- Desenvolver metodologia a ser aplicada futuramente em outros locais.

Para isso, criou-se uma estrutura de trabalho envolvendo os meios técnicos e administrativos em diferentes níveis da Universidade, instituindo-se diversas comissões de trabalho. Posteriormente, as ações foram organizadas em etapas subsequentes: diagnóstico geral; redução de perdas físicas; redução de consumo nos equipamentos; caracterização de hábitos e racionalização das atividades que consomem água; e campanhas educativas e treinamentos.

Ainda segundo Tamaki e Gonçalves (2004), o programa foi estruturado em seis macroprogramas integrados, a fim de abranger a documentação técnica, laboratórios, novas tecnologias, estudos em edifícios residenciais, programas de qualidade e estudos de caso em diferentes tipos de edifícios. Dessa forma, utiliza-se

a quantidade mínima de água sem comprometer as atividades consumidoras (CBCS *et al.*, 2014).

Com resultados expressivos, o PURA-USP tornou-se exemplo de programa permanente e efetivo de gestão de demanda da água. O consumo de água em 1998 era de 137.881 m³/mês e passou para 78.821 m³/mês em 2013. Uma redução de 43%, mesmo com o crescimento da população do câmpus em 13,3% e da área construída em 16,3% (CBCS *et al.*, 2014).

Recentemente houve a unificação do PURA com o PURE (Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia), a fim de otimizar equipes e ter ações integradas dentro da instituição. Tal feito fez ressurgir de forma remodelada o Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos (PUERHE), que prevê um conjunto de medidas para incentivar e promover a gestão do uso da água e da energia elétrica em todas as instalações da Universidade (FERREIRA, 2015).

O Programa de Conservação de Água da Universidade de Campinas (Pró-água/Unicamp) foi desenvolvido pela Faculdade de Engenharia Civil – FEC e teve início em 1999. Tem como objetivo geral a implantação de medidas que induzam ao uso racional da água nos edifícios da Cidade Universitária, inclusive por meio da conscientização dos usuários sobre a importância de sua conservação (NACAGAWA, 2009).

O programa divide-se em duas fases. A primeira contempla o levantamento cadastral, a detecção e conserto de vazamentos, a implantação de telemedição, a instalação de componentes economizadores e a avaliação do desempenho pelos usuários. A segunda fase abrange a análise de tecnologias economizadoras para usos específicos e implantação de sistema de gestão dos sistemas prediais no *campus*.

O Programa de Qualidade e Produtividade dos Sistemas de Medição Individualizada de Água (ProAcqua) foi oficializado através do convênio entre a Sabesp e Proacqua em 2007, em função da necessidade da medição individualizada para o consumo racional de água. Tem como princípios a confiabilidade na medição; segurança ao condomínio; qualidade, justiça social; e preservação do meio ambiente (PROACQUA, 2018). Segundo Oliveira *et al.* (2008), a medição individualizada auxilia na conscientização da importância em gerenciar o consumo de água, já a medição coletiva, presente na maioria dos edifícios multifamiliares brasileiros,

propicia desperdício de água e cobrança injusta em função do rateio em partes iguais do consumo mensal entre os condôminos.

O Águapura teve início em 2001 na Universidade Federal da Bahia (UFBA). Após a elaboração de um sistema informatizado, em 2004, passou a ser denominado ÁGUAPURA Via Net, que permite a inserção dos dados de consumo obtidas nas unidades da UFBA. Tem como principal objetivo reduzir o consumo de água nas unidades da Universidade através de ações de minimização das perdas e desperdícios, manutenção e aprimoramento da redução obtida. Além de difundir conceitos sobre o uso racional da água, contribuir para a implantação de Tecnologias Limpas, estendendo-se entre as instituições e pessoas o hábito de consumir água de forma racional. A reestruturação e a revisão do programa inseriram novas ações, que permitiram a inclusão de representantes nas unidades para realizarem a inserção das leituras dos hidrômetros (NACAGAWA, 2009).

O ÁGUAPURA Via Net permite que todos os usuários de um edifício possam acompanhar o seu consumo de água diariamente. Assim, podem identificar os eventos que provocam desperdícios e perdas. O conhecimento do consumo é essencial para o desenvolvimento sustentável, que constitui num importante fator para a racionalização do seu uso, com ganhos ambientais e econômicos. Desde o início do programa o consumo na Universidade foi reduzido de 42 para 18L/pessoa/dia (AGUAPURA, 2018).

5.2.2 Programas de conservação em esferas federais e municipais

Diante do cenário cada dia mais preocupante de escassez de água, que deixou de ser uma questão localizada ao alcançar grandes áreas do território nacional, o tema torna-se passível de ser legislado por lei (PROJETO DE LEI, 2015).

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) foi instituído pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades no ano 1997 em esfera federal, e tem por objetivo geral, promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais para a redução dos volumes demandados nas áreas urbanas (PMSS, 2015).

Segundo Nakagawa (2009) as medidas consideradas no PNDCA são: campanhas de conscientização; levantamento do sistema hidráulico do edifício e dos procedimentos dos usuários relacionados ao uso da água; diagnóstico do sistema, sobretudo vazamentos; plano de intervenção, considerando campanhas educativas, manutenção do sistema, alteração de procedimentos de uso da água, substituição de componentes convencionais por eficientes, reaproveitamento da água; avaliação econômica; avaliação do impacto da redução.

O Projeto de Lei nº 1.750 de 2015, dispõe sobre a construção de sistemas para captação e armazenamento de água da chuva nas edificações residenciais, comerciais e industriais, cuja dimensões a deverão ser definidas pelo poder público municipal, e impõe como obrigação a instalação de sistemas para captação e armazenamento de água da chuva nas edificações com área superior a 200m². As edificações já existentes terão o prazo de três anos para se adequarem ao disposto na Lei.

A Prefeitura Municipal de Curitiba-PR criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA) por meio da Lei 10.785 de 2003. O Programa tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Os aparelhos e dispositivos economizadores de água, tais como: bacias sanitárias de volume reduzido de descarga; chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga; e torneiras dotadas de arejadores, são utilizados nas ações de uso racional e conservação da água. Além disso, nas edificações em condomínio devem ser instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água gasto por unidade.

Para combater o desperdício quantitativo de água, tomou-se como medidas ações voltadas à conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas da Rede Pública Municipal, palestras, entre outras, a fim de abordar sobre o uso abusivo da água, métodos de conservação e uso racional. O não cumprimento da lei implica na negativa de concessão do alvará de construção para as novas edificações.

Em 2006, a Lei foi regulamentada por meio do decreto N° 293, que estabeleceu a previsão de implantação de mecanismos de captação das águas

pluviais no projeto de instalações hidráulicas para o licenciamento das construções no Município. Tal implantação é de responsabilidade do proprietário e do profissional responsável pela execução da obra, devendo a mesma ser concluída antes de ocorrer a habitação da edificação. Além disso, nos edifícios de habitação coletiva, com área total construída igual ou superior a 250m² por unidade, e nas construções de habitações unifamiliares em série e conjuntos habitacionais devem ser instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água. O decreto ainda aborda os documentos necessários para a aprovação dos projetos e o método de dimensionamento das cisternas, que incluem edificações residências, industriais e comerciais.

Seguindo as principais premissas do PURAE, diversas Câmaras Municipais também instituíram programas de conservação e racionalização da água através de Leis, entre elas:

- São Paulo-SP, Lei nº 14.018 de 2005;
- Campinas-SP, Lei nº 12.474 de 2006;
- Cascavel-PR, Lei nº 4.631 de 2007;
- Maringá-PR, Lei complementar nº 685 de 2007.

Além das novas edificações, nos municípios de Campinas e Cascavel, os demais imóveis tiveram que se adequar num prazo de 10 anos. Em Cascavel, os imóveis enquadrados na Lei recebem desconto no Imposto Territorial e Predial Urbano (IPTU).

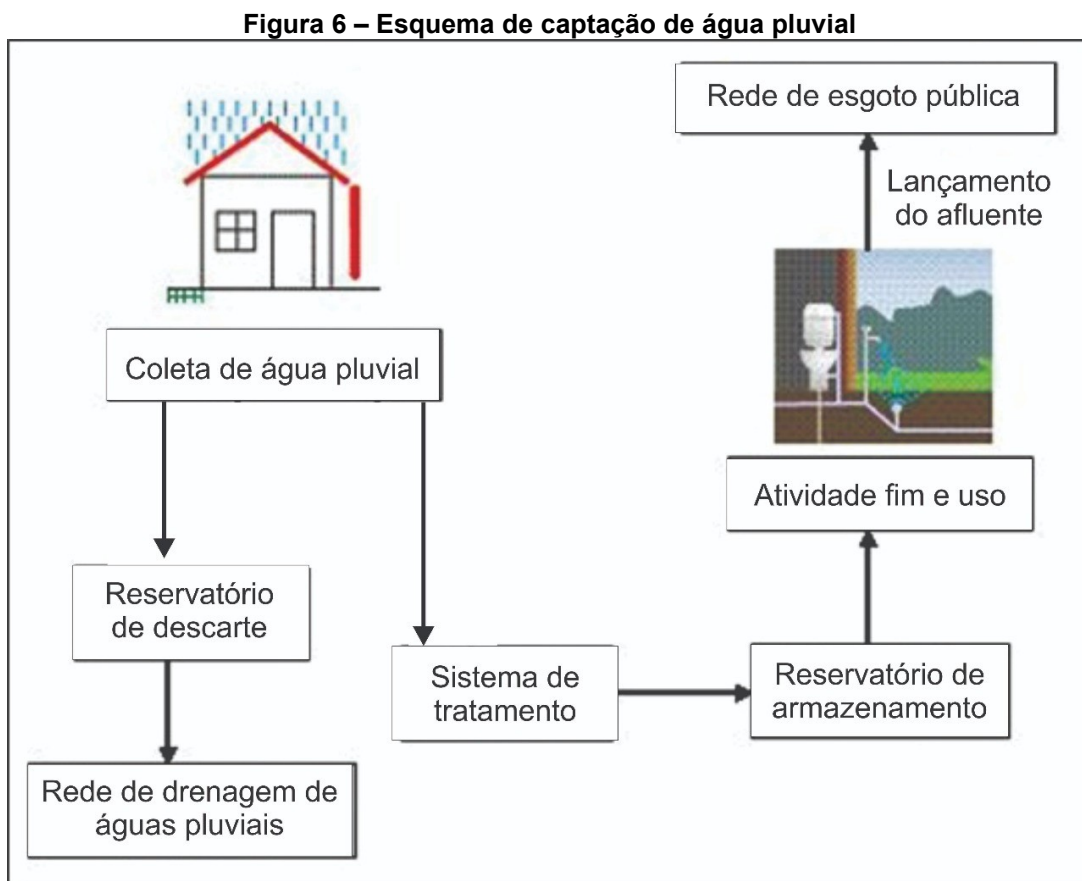
5.2.3 Fontes alternativas

A utilização de água não proveniente dos tradicionais mananciais representa a segunda linha de ação na conservação de água, mesmo em países que não sofrem com a escassez, ainda pouco utilizadas no Brasil. Trata-se de águas não inseridas no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, tais como água do solo, águas subterrâneas, água de chuva e reúso das águas (HAFNER, 2007).

Com volumes expressivos e potencial de utilização em várias atividades, principalmente nas não potáveis, a captação de água de chuva e o reúso de água são as práticas mais promissoras para a conservação em edificações. As águas de

fontes não convencionais são, normalmente, aceitas e utilizadas em usos como: irrigação; sistemas de ar condicionado; resfriamento de caldeiras; processos industriais; recarga de aquíferos; rega de jardins, parques e campos esportivos; lavagem de ruas, praças, calçadas, pisos e veículos; descarga de bacias sanitárias; e tantas outras atividades que não necessitam de água de excelente qualidade (HAFNER, 2007).

O aproveitamento de água pluvial é uma prática antiga, cujas técnicas de captação foram aprimoradas e expandidas para as indústrias, instituições de ensino, estabelecimentos comerciais e residenciais. Sua utilização nas edificações compreende atividades que não requeiram o uso de água tratada como: rega de jardins e hortas; lavagem de roupa; lavagem de veículos; e lavagem de vidros, calçadas e pisos. Na figura 6, ilustra-se o esquema de captação de águas pluviais.



Fonte: Hafner (2007)

Esses sistemas de aproveitamento, em sua maioria, são simples e necessitam de baixos investimentos, e quando planejados antes da execução da edificação tornam-se menores ainda. Para sua implantação deve-se determinar a

precipitação média local, área de coleta, escoamento superficial, sistema de tratamento, caracterizar a qualidade da água e dos usos previstos e realizar os projetos dos reservatórios de descarte e armazenamento.

A qualidade da água pluvial coletada de um telhado é afetada pelas condições ambientais do entorno (proximidade de áreas industriais, rodovias, presença de pássaros ou roedores); condições meteorológicas (temperatura, períodos de seca, intensidade da chuva); material da cobertura do telhado (concreto, cerâmico, metálico, verde); condições de coleta e armazenamento (nível de sujeira, tempo de armazenamento, material do reservatório); existência de tratamento no processo de captação (dispositivo de descarte, filtros para folhas, processo de desinfecção) (NETO, 2012).

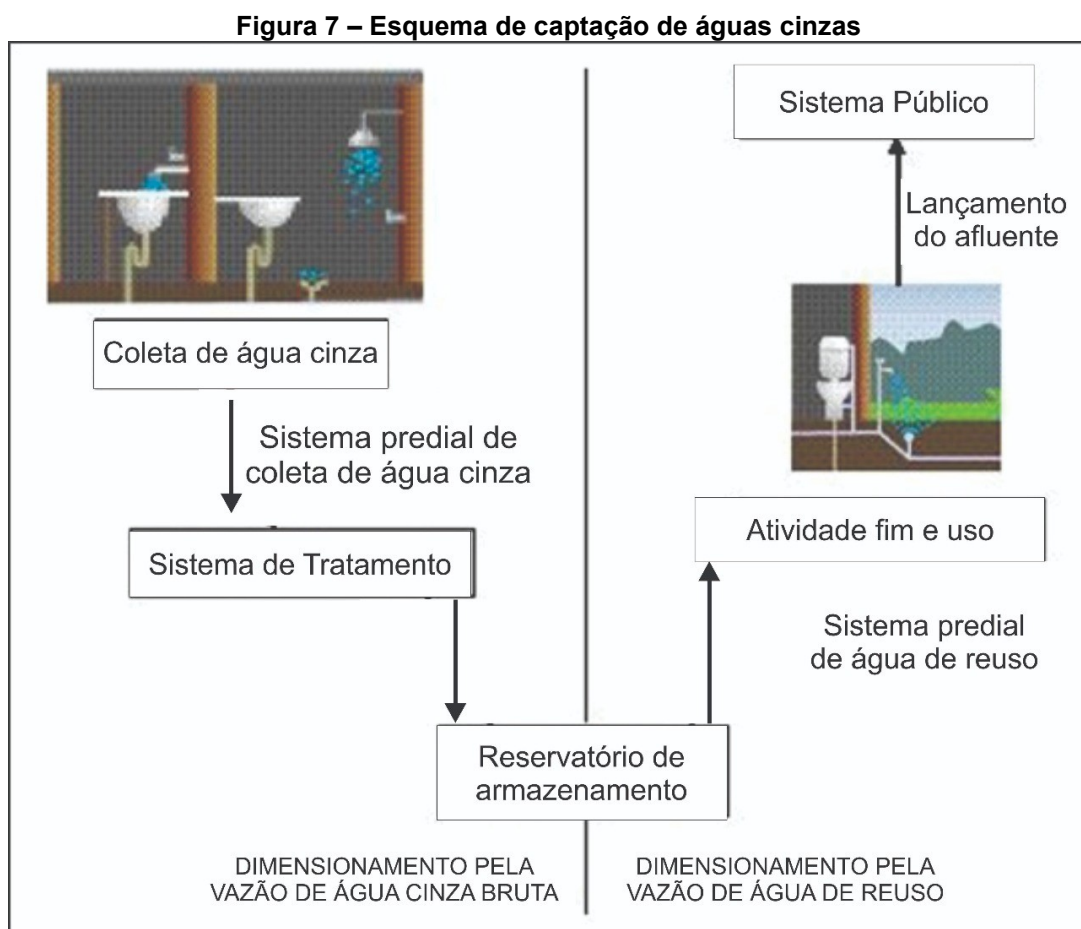
O tratamento dependerá das características da água coletada e de seu uso previsto. Em atividades não potáveis, como a limpeza de pisos e a rega de jardins, somente o descarte inicial da chuva e os filtros são suficientes, mas para a utilização em descargas pode ser necessário um tratamento primário. Os reservatórios de armazenamento devem ser protegidos do calor e da luz para evitar a proliferação de bactérias e algas. (HAFNER, 2007).

Além de poupar o consumo de água potável, a coleta e o aproveitamento das águas pluviais promovem a redução dos escoamentos superficiais, com consequente redução da carga nos sistemas de coleta de águas pluviais e amortecimento dos picos de enchentes.

Ainda segundo Hafner (2007), o reaproveitamento de águas cinzas é o mais recomendável para a utilização interna nas edificações, por possuírem qualidade superior aos esgotos comuns. As águas cinzas, são os efluentes provenientes do uso de chuveiros, lavatórios, tanques e máquinas de lavar roupas, exclui-se os esgotos de cozinha e as águas negras, que são os efluentes das descargas dos vasos sanitários. Assim, as águas cinzas representam uma expressiva parcela, mais de 50% do consumo médio diário de uma residência, o que reforça a potencialidade do seu uso.

As águas cinzas podem ser reaproveitadas com ou sem tratamento. Nas edificações é utilizada sem tratamento para a irrigação de jardins, sem qualquer contato da água com pessoas, através de sistemas de irrigação enterrados. Para fins de descarga de bacias sanitárias e lavagem de pisos e automóveis, necessita-se de tratamento.

Os sistemas de tratamento e distribuição das águas cinzas são mais complexos. A água é recolhida separadamente dos esgotos e encaminhadas para estações de tratamento para atender os padrões de qualidade aceitáveis, passam por filtros, processos biológicos e desinfecção. Após o tratamento, é distribuída por redes independentes até os pontos de utilização. O sistema exige dupla tubulação para o abastecimento tanto dentro das edificações como fora delas, com conexões às estações de tratamento, além da tubulação dupla para coleta do esgoto e das águas cinzas. Na figura 7, ilustra-se o esquema de captação de águas cinzas.



Fonte: Hafner (2007)

Os principais elementos associados ao projeto de sistemas de reúso de águas cinzas tratadas são: pontos de usos e pontos de coleta; determinação de vazões disponíveis; dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas brutas; determinação do volume de água a ser armazenado; estabelecimento dos usos das águas cinzas tratadas; determinação dos parâmetros de qualidade da água em função dos usos estabelecidos; tratamento da água; e dimensionamento do

sistema de distribuição de água tratada aos pontos de consumo. Portanto, o dimensionamento do sistema será fundamentado por duas vazões distintas, a de água cinza bruta (passíveis de serem aproveitados) e a de água cinza tratada (demanda de água de reúso para as atividades estabelecidas).

5.3 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil agrega um conjunto de atividades com grande importância para o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Na mesma proporção que a população cresce, aumenta-se também os serviços de construção, como consequência, as interações com o ambiente natural (MATEUS, 2009). Nesse item, aborda-se as peculiaridades da construção civil e as características construtivas dos edifícios de múltiplos pavimentos no Brasil.

5.3.1 Panorama do setor construtivo brasileiro

O setor da construção civil é responsável pela criação de produtos únicos e não seriados, apresenta grande inércia às alterações, falta de capacitação técnica, dentre outros. Produz grandes volumes de resíduos derivados dos processos de construção e demolição, utiliza grande parte dos recursos renováveis e não renováveis (ARAÚJO, 2002). Sua cadeia produtiva tem uma enorme contribuição para a deterioração ambiental, como salienta Teixeira (2010) ao listar algumas atividades da construção civil que mais causam impactos.

- Geração de elevadas quantidades de resíduos de construção e demolição, com impactos no ambiente urbano e nas finanças municipais;
- Geração de grandes quantidades de poeira e ruído nos canteiros de obras;
- Diminuição da permeabilidade do solo, mudando o regime de drenagem;
- Extração de madeira ilegal, que compromete a preservação das florestas e representa séria ameaça ao equilíbrio ecossistêmico;
- Contribuição para a poluição, inclusive na liberação de gases do efeito estufa, como CO₂;
- Desperdícios, em média 56% de cimento, 44% de areia e 30% de gesso, 27% dos condutores e 15% dos tubos de PVC e eletrodutos;

- Extração de grandes volumes de recursos naturais. Até 75% são consumidos pela construção e manutenção da infraestrutura, sendo a cadeia produtiva a maior consumidora.

Dentre os recursos naturais, a água incorporada na construção civil inclui a extração e processamento de matérias-primas, a fabricação de materiais e produtos de construção e a construção em si (CRAWFORD; TRELOAR, 2005). Segundo Pinheiro (2002), a parcela de consumo de água nos países industrializados para uso na construção civil é de 25%, para Asadollahfardi *et al.* (2015), em nível mundial, utiliza-se aproximadamente 17% do volume total de água, sendo o concreto o principal consumidor. Cerca de 3,8 bilhões de m³ de concreto são utilizados por ano globalmente (ISMAIL; AL-HASHMI, 2010). Somente a indústria do concreto consome 1 bilhão de m³ de água, além disso, grandes volumes de água potável são utilizados para lavar os caminhões betoneiras, bombas de concreto, equipamentos, agregados e para cura (GHRAIR *et al.*, 2016).

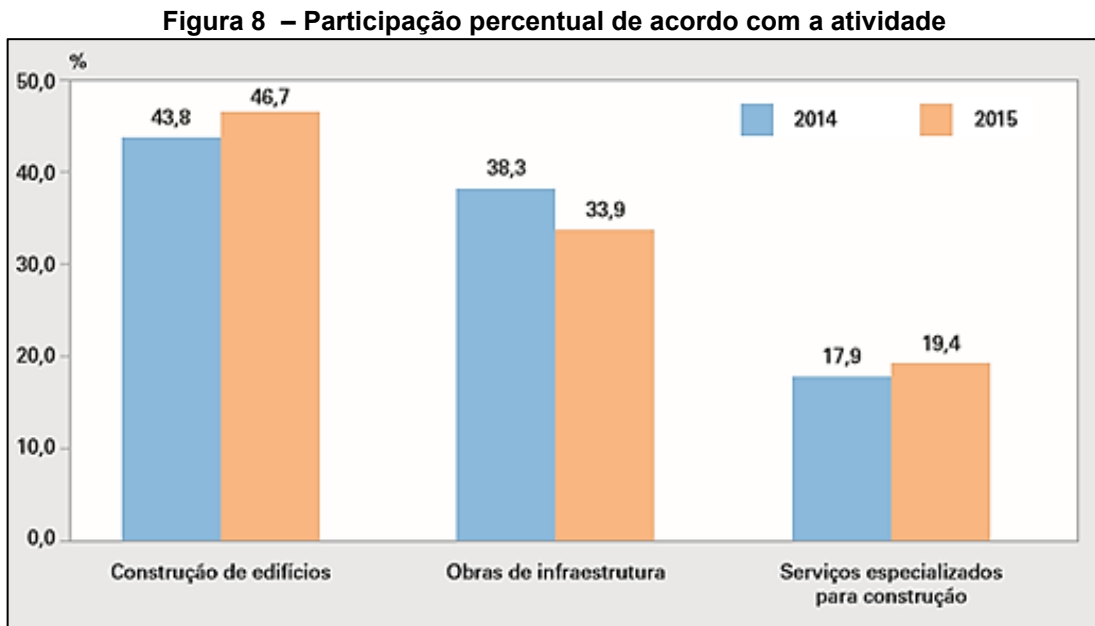
Ao se tratar de edifícios, os impactos são mais representativos por demandarem maiores volumes de recursos, especialmente devido à proporção das obras e ao ciclo de produção longa, geralmente medido em anos. A interação do edifício com o meio ambiente se dá em momentos distintos de sua existência, envolve diferentes agentes da cadeia produtiva, que se refletem de diferentes formas, nas diferentes fases do ciclo de vida (MATEUS, 2009; TEIXEIRA, 2010).

Na concepção/projeto, é onde são elaborados os projetos e suas especificações, bem como a programação das atividades construtivas. A construção/implantação, é a fase de construção do edifício, na qual os canteiros de obras devem funcionar de acordo com o planejado na concepção/projeto. Já a etapa de uso/operação, é a fase de operação e ocupação do empreendimento por seus usuários. Por fim, a requalificação/demolição, etapa final do ciclo de vida do edifício, fase em que o edifício passa por uma requalificação, para adequação a um novo uso, ou é demolido (TEIXEIRA, 2010).

O setor também gera problemas sociais, como a baixa remuneração dos trabalhadores, impacto na qualidade de vida da vizinhança e elevada taxa de informalidade. Cattani (2001) caracteriza que o trabalho na construção civil exige grande esforço físico de maneira insalubre e em ambiente adverso, instabilidade no emprego, rotatividade, mobilidade física, baixa qualificação, necessidade de pouca habilitação específica, baixo prestígio social, altos índices de acidente de trabalho,

entre outros. Pinheiro (2002) afirma que a baixa instrução da mão de obra dificulta a aplicação de métodos mais modernos de construção, que poderiam levar a uma maior produtividade e economia.

Apesar de todas as peculiaridades apresentadas, na economia, a construção civil é responsável por uma significativa parcela do PIB nacional (8,32%), é um dos setores mais importantes, pois desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do país. A Pesquisa Anual da Indústria da Construção (2015) revela que as empresas de construção realizaram incorporações, obras e/ou serviços no valor de R\$ 354,4 bilhões. A receita operacional líquida atingiu o valor de R\$ 323,9 bilhões (IBGE, 2017). A participação percentual do valor das incorporações, obras e/ou serviços, segundo a atividade é ilustrada na figura 8.



Fonte: IBGE (2017)

Com R\$ 165,7 bilhões, a construção de edifícios foi a atividade que mais contribuiu para o valor das incorporações, obras e/ou serviços, com participação total de 46,7%. Seguido pelo segmento de obras de infraestrutura com 33,9% de participação. Por fim, o setor de serviços especializados para construção apresentou 19,4% da participação (IBGE, 2017).

5.3.2 Edifícios de múltiplos pavimentos no Brasil

A classificação das estruturas dos edifícios, segundo Barros e Melhado (2006), pode ser fundamentada na concepção estrutural, na intensidade de seu emprego ou mesmo a partir dos materiais que constituem a estrutura, dentre outras. Em relação à forma de transmissão dos esforços, as estruturas podem ser classificadas em: reticulada, elementos planos e outras (cascas, especiais, pneumáticas, etc). Quanto à frequência com que são empregadas, as estruturas podem ser classificadas em: tradicionais e não tradicionais. Quanto ao local de produção, as estruturas podem ter seus elementos classificados em: moldadas no local, pré-fabricadas (em usina) e pré-moldadas (no canteiro).

Barros (2013) salienta que a essência do mercado de produção de edifícios de múltiplos pavimentos é idêntica aos da década de 1970, com processos construtivos em estrutura de concreto armado moldada no local, vedação de alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, revestimentos de argamassa, instalações elétricas/hidráulicas embutidas nas alvenarias, acabamentos com pintura sobre massa corrida ou gesso e revestimentos cerâmicos em paredes e pisos.

A autora ainda destaca os principais processos em utilização na produção estruturas e vedações. Na produção de estruturas, a estrutura reticulada de concreto armado moldado no local é a mais comumente utilizada. Posteriormente os vãos são fechados com alvenaria de blocos cerâmicos.

Os processos construtivos citados por Barros (2013) são tratados por Sabbatini (1989) como um sistema tradicional e caracterizado pela produção artesanal, uso intensivo de mão de obra, baixa mecanização, elevados desperdícios de mão de obra, material e tempo, entre outros. Assim, cabe enfatizar a produção de estrutura reticulada, o material concreto armado, as fôrmas para sua modelagem e o sistema de alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.

O processo construtivo é composto então pelas etapas de montagem das formas e armaduras, lançamento da pasta de concreto, e por fim, o processo de cura. Os aços são empregados como armadura ou armação de componentes estruturais. Nesses componentes estruturais as armaduras têm como função principal resistir as tensões de tração e cisalhamento e aumentar a capacidade resistente das peças ou componentes comprimidos. Os fios e barras são cortados com talhadeira, tesourões especiais, máquinas de corte (manuais ou mecânicas) e

eventualmente discos de corte. Após a liberação das peças cortadas dá-se o dobramento (BARROS; MELHADO, 2006).

As fôrmas são as estruturas provisórias, geralmente de madeira, destinadas a dar forma e suporte aos elementos de concreto até ao ganho de resistência. Sua execução começa com a transferência dos eixos principais e do nível para a correta locação dos pilares. Os pilares são locados através da fixação dos gualdrões na laje e então os painéis de fôrmas serão encaixados formando o corpo do pilar. A armadura do pilar é colocada juntamente com os espaçadores que irão garantir o cobrimento e a dimensão correta do pilar. O último painel é fechado e as formas são alinhadas, niveladas e travadas. As fôrmas de vigas são usualmente lançadas a partir das cabeças dos pilares com apoios intermediários em garfos ou escoras. Em geral, os painéis de fundo de viga são colocados primeiro, apoiando-se sobre a cabeça do pilar ou sobre a borda da fôrma do mesmo. Após essa etapa, a armadura das vigas é posicionada e a forma é travada e alinhada (CALÇADA, 2014).

A alvenaria de vedação é a associação de um conjunto de blocos cerâmicos ou de concreto com argamassa de assentamento, sem função estrutural. Para sua execução, realiza-se a marcação da primeira fiada, que determinará o esquadro e as dimensões corretas dos ambientes. Os blocos são alinhados e recebem a argamassa para o assentamento, tendo como referência uma linha presa ao escantilhão. Os blocos das próximas fiadas são empilhados da mesma forma, recebendo argamassa para o assentamento (CALÇADA, 2014).

Telles *apud* Santos (2008) atribui a hegemonia do sistema tradicional como a alternativa mais fácil e econômica, pois dispensa a mão de obra especializada para a sua execução, bem como utilizava grande parte de materiais nacionais. Há também a facilidade no transporte dos materiais que compõe o concreto armado (cimento, areia e brita).

Contudo, segundo Rocha (2017), diante da crescente demanda e da disponibilidade técnica de alternativas, o setor da construção civil brasileira tem se mostrado aberto ao emprego de soluções industrializadas ou de sistemas construtivos racionalizados, os quais são elementos primordiais para se incrementar e aprimorar o desempenho das atividades construtivas. A adoção por parte das construtoras de uma estratégia voltada a racionalização do processo construtivo constitui um ponto fundamental para que o setor construtivo evolua de maneira mais competitiva.

5.4 DEMANDA POR ÁGUA NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Nos serviços de engenharia a água pode ser utilizada como componente ou ferramenta. Como componente, é fundamental na produção de concreto e argamassa e na compactação de aterros. Como ferramenta, é utilizada nos serviços de limpeza, resfriamento e cura do concreto (NETO, 2008). Além disso é essencial para o consumo dos trabalhadores. Nesse item, aborda-se o uso e o consumo de água para fins humanos e produtivos.

5.4.1 Uso e consumo humano

A demanda humana está relacionada às necessidades essenciais dos funcionários nos canteiros de obras, presentes do início ao fim da execução da edificação. Tais necessidades são garantidas por meio da NR – 18 do Ministério do Trabalho, que aborda as condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Dos itens básicos estabelecidos, cabe ressaltar apenas os relacionados com a utilização de água no canteiro de obra, que são as instalações sanitárias e bebedouros. Quando houver trabalhadores alojados, lavanderia e alojamento, quando houver preparo de refeições, cozinha. As instalações sanitárias devem conter lavatório, vaso sanitário, mictório e chuveiro, a fim de atender as necessidades higiênicas e fisiológicas (MTE, 2015).

Neto (2008) estima que o consumo diário por operário não alojado chega a 45 litros/dia, sem incluir a refeição. Com a refeição preparada na obra, o consumo passa para 65 litros/dia.

5.4.2 Uso e consumo na execução do edifício

Na fase dos serviços preliminares, a água é utilizada para a compactação de aterros. Segundo Neto (2008), na compactação de 1 m³ de aterro o consumo pode chegar a 300 litros de água.

Nas etapas de infraestrutura e superestrutura, é onde se constrói a sustentação da edificação, como exposto anteriormente, mais comumente produzidas em concreto armado. Na produção de 1 m³ de concreto utiliza-se em média de 160 a 200 litros de água (NETO, 2008).

Entre as etapas de infraestrutura e superestrutura realiza-se o processo de cura do concreto. Esse processo é fundamental para que as reações químicas ocorram de maneira adequada, pois compensa a evaporação de água, necessária à hidratação do cimento, a fim de controlar o processo de pega e endurecimento e conferir durabilidade e vida útil às estruturas. A cura do concreto pode ser obtida por meio da molhagem constante com mangueira; aspersão de água por sistemas de irrigação de jardim; cobertura com lona plástica, saturada umidade ou ventiladores pressurizados (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Para estimar o consumo de água no processo de cura do concreto Pessarello (2008) utilizou dados empíricos obtidos por meio de dados levantados por construtoras, tais dados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de água na cura do concreto

Tipo de cura	Espessura (cm)	Água (l/m²)
Molhagem de tecidos	2	0,02
Lâmina de água	5	0,05

Fonte: Pessarello (2008)

Na etapa de vedação, a estimativa para o consumo de água na produção de argamassa baseou-se no estudo de Pessarello (2008), no qual o consumo de água é obtido por meio das instruções de dosagem dos fabricantes de argamassas industrializadas. Porém pode-se produzi-las no próprio canteiro de obras, em ambos os casos é necessário a dosagem com água na obra. As estimativas para alguns usos são representadas na tabela 3.

Tabela 3 – Consumo de água na produção de argamassa industrializada

Uso	Marca	Embalagem (kg)	Quantidade de água recomendada (L)	Litros de água por quilo
Assentamento de blocos	A	20	3,00 a 3,40	0,17
	B	50	7,20 a 7,60	0,15
Assentamento de peças cerâmicas	A	20	4,60	0,23
	B	20	4,10 a 4,30	0,22
Reboco	A	20	3,00 a 3,40	0,26
	B	50	7,20 a 7,60	0,15
Chapisco	B	20	4,10 a 4,30	0,22

Fonte: Pessarello (2008)

Ao analisar os dados contidos na tabela 5, observa-se que a quantidade de água varia de acordo com o uso, fabricante e conteúdo da embalagem. Ao considerar a argamassa produzida no próprio canteiro, a relação de consumo de litros por quilo é maior devido à falta de controle na produção.

Além do consumo de água na produção de argamassa para assentamento de peças cerâmicas, na fase dos acabamentos, a ABNT NBR 15575/3: 2013, Edificações habitacionais - Desempenho, estabelece que os sistemas de pisos de áreas molhadas não podem permitir o surgimento de umidade quando submetidos a uma lâmina d'água de no mínimo 10 mm em seu ponto mais alto, durante 72 h. Assim, tal consumo pode ser estimado em 0,01 m³/m².

Para pintura, pode-se utilizar tintas diluídas em água. As estimativas, contidas na tabela 4, consideram as tintas látex acrílica e pva, são baseadas nos itens 09115.8.10 a 09115.8.15 da TCPO (2010), além de dados fornecidos pelos fabricantes.

Tabela 4 – Consumo de água na dosagem de tinta

Componente	Fabricante	Consumo de tinta (l/m ²)		Consumo de Água (l/m ²)	
		Número de demãos		Número de demãos	
		2	3	2	3
Fundo preparador de superfície	C	0,12	0,12	0,012-0,120	0,012-0,120
	D	0,12	0,12	0,048-0,060	0,048-0,060
Tinta Látex	C	0,17	0,24	0,017-0,034	0,024-0,048
	D	0,17	0,24	0,017-0,034	0,024-0,048

Fonte: Autoria própria (2018)

A água também é utilizada na limpeza de ferramentas, superfícies, pneus de veículos, caminhões betoneiras, entre outros. Essa etapa é necessária em todos os processos, do início ao fim da execução da edificação, quando não realizada, os resíduos podem danificar as ferramentas e manchar ou danificar as superfícies. Portanto, é um consumo variável, difícil de ser estimado. Sandroline e Franzoni (2000), estimam que um caminhão betoneira de 9 m³, quando lavado, utiliza 700 a 1.300 litros de água.

5.5 ESTUDOS DE CASO

Nesse item, aborda-se alguns estudos de caso em diferentes construtoras, por meio de Relatórios Anuais de Sustentabilidade ou por dados fornecidos por outros pesquisadores, a fim de contextualizar as relações de consumo de água e apresentar indicadores para a realização de estimativas de consumo na fase produtiva.

5.5.1 Estudo de caso 1

A construtora A realiza o controle do consumo de água por meio do monitoramento dos indicadores ambientais. Assim, torna possível estabelecer metas de redução, tomar providências ao identificar quedas ou aumentos bruscos em algum indicador, estudar a implantação de novas práticas construtivas, entre outras ações. O histórico de consumo de água nos canteiros de obras da construtora, obtidos através do Relatório Anual de Sustentabilidade, são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Histórico de consumo de água nos canteiros de obras, caso 1

Ano	Canteiros de obras ativos	Volume consumido (m ³)	Indicador de consumo (m ³ /m ²)	Empreendimentos entregues
2014	61	302.258	0,67	36
2015	50	292.513	0,75	27
2016	43	279.858	0,70	27

Fonte: Even (2017)

Apesar da redução do consumo em volume total, o consumo em volume por área construída aumentou em relação a 2014, apresentando-se inversamente

proporcional ao número de canteiros ativos e de empreendimentos entregues. Para compreender melhor essa dinâmica, é apresentado na tabela 6 o histórico do consumo de água por fase construtiva.

Tabela 6 – Histórico do consumo de água por fase construtiva, caso 1

Fase construtiva	Consumo médio (m ³ /m ²)			Representatividade (%)		
	Ano			Ano		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Fundação	0,10	0,24	0,24	14	21	21
Estrutura e Alvenaria	0,26	0,31	0,31	35	28	28
Acabamentos	0,38	0,56	0,56	51	51	51

Fonte: Even (2017)

Nota-se que os consumos médios nas fases construtivas aumentaram no decorrer dos anos, isso pode ser justificado pelas tipologias, características construtivas e áreas construídas distintas entre as obras, como salienta Pessarello (2008). No relatório publicado em 2013, realizou-se o levantamento do indicador de consumo por método construtivo, os dados são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Consumo de água por método construtivo, caso1

Sistema construtivo		Consumo (m ³)	Área (m ²)	Indicador de consumo (m ³ /m ²)
Estrutura convencional	Residencial	2.961.113,89	371.226,63	7,98
	Comercial	243.132,29	76.964,53	3,16
Alvenaria estrutural	Residencial	1.029.545,40	99.858,86	10,31
Pré-moldado	Residencial	30.020,48	16.588,96	1,81

Fonte: Even (2013)

Cabe salientar que outras construtoras não detalham os indicadores de consumo de água, apenas abordam as medidas e metas para a redução do consumo.

5.5.2 Estudo de caso 2

Pessarello (2008) realizou um estudo sobre o consumo de água na produção de edifícios, para isso selecionou três construtoras com obras de diferentes

tipologias localizadas em São Paulo - SP. A construtora A, de grande porte com obra de nove torres alto padrão, a B, de médio porte com obra de uma torre médio padrão, e a C, de pequeno porte com obra de uma torre. Na tabela 8 são apresentadas as principais características físicas dos empreendimentos.

Tabela 8 – Principais características físicas dos empreendimentos, caso 2

Obra	Área construída (m ²)	Número de pavimentos
A	120.000	23 pavimentos tipo, cobertura duplex, térreo, mezanino e 2 subsolo
B	5.100	11 pavimentos tipo
C	4.200	9 pavimentos tipos, térreo e subsolo

Fonte: Pessarelo (2008)

Na tabela 9 são apresentadas as principais características construtivas dos empreendimentos.

Tabela 9 – Características construtivas dos empreendimentos, caso 2

Construtora	A	B	C
Fundações	Estacas encamisadas na projeção das torres e pré fabricadas nas garagens de periferia	Hélice contínua	Hélice contínua
Estrutura	Reticulada de concreto armado moldada <i>in loco</i>	Concreto convencional	Alvenaria estrutural de blocos de concreto
Vedações	Paredes em blocos de concreto	Blocos de concreto	Blocos de concreto estrutural
Laje	Concreto com contrapiso	Moldada <i>in loco</i> com contrapiso	Concreto armado
Revestimento interno	Áreas secas: argamassa/gesso Áreas úmidas: cerâmica	Áreas secas: gesso Áreas úmidas: cerâmica	Áreas secas: argamassa/gesso Áreas úmidas: cerâmica
Revestimento externo	Emboço e revestimento cimentício pigmentado	Argamassa	Argamassa
Forro	Gesso liso nas lajes e gesso acortonado em banheiros e corredores	X	X

Fonte: Pessarelo (2008)

Cabe ressaltar outras características que influenciam no consumo de água: na obra da construtora A, as refeições eram preparadas na cozinha do canteiro com funcionamento em dois turnos, nas demais obras eram de responsabilidade dos operários. As instalações hidrossanitárias das obras das construtoras A e B possuíam chuveiros e bacias sanitárias, na C banheiros e vestiários. A quantidade de pessoal na obra A variou entre 22 e 669 operários, obtendo-se um consumo de água de 51 litros/operário/dia, na obra B a variação ficou entre 6 e 66, por fim, na obra C o consumo foi 45 litros/operário/dia com variação de pessoal entre 14 e 55. Verificou-se que o consumo de água para uso humano é em média o mesmo que nos serviços de produção (PESSARELLO, 2008).

Nesse contexto, por meio da coleta, processamento e análise dos dados, Pessarello (2008) obteve o consumo de água nas obras, que são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Consumo de água nas obras, caso 2

Construtora	Consumo total (m ³)	Consumo médio mensal (m ³ /mês)	Indicador de consumo (m ³ /m ²)	Consumo médio de água por Hh (m ³ /Hh)
A	53.000	2.234	0,68	0,0144
B	2.242	107	0,44	0,0156
C	1.554	69	0,37	0,0116

Fonte: Pessarello (2008)

O indicador de consumo por m² foi obtido por meio de tratamento estatístico (Linha de Tendência Polinomial), pois as obras das construtoras A e C não se encontravam concluídas. Na obra B, o custo com água correspondeu à 0,7% do custo total, esse dado foi obtido pois o estudo foi realizado até conclusão da obra. Os indicadores de consumo mensal e de consumo de água por área construída apresentaram variações significativas, provavelmente em função da complexidade, tamanho e características construtivas das obras. O indicador de água por Homem hora (m³/Hh) não apresentou grandes variações entre as obras, obtendo-se um resultado satisfatório que pode ser utilizado para estimativas em outras obras (PESSARELLO, 2008).

Em todas as obras houve a elevação do consumo de água na fase dos serviços de fundação, em especial na obra A, cuja média foi de 3.800 m³/mês devido

as características do processo de execução das estacas tubadas. Outros picos de consumo se deram com os testes de impermeabilização das obras A e B, instalações hidráulicas e limpeza da obra B e nos serviços de alvenaria e revestimento externo da obra C (PESSARELLO, 2008).

5.5.3 Estudo de caso 3

Silva e Violin (2013) estudaram a gestão da água em canteiros de obras em Maringá-PR, para isso selecionaram três empreendimentos. A obra A, trata-se de um edifício comercial, a B, de um edifício comercial residencial multifamiliar e a C, de um centro médico, todas de uma torre. Na tabela 11 são apresentadas as principais características dos empreendimentos.

Tabela 11 – Características principais dos empreendimentos, caso 3

Obras	A	B	C
Área construída (m ²)	2.682,22	15.210,31	3.842,57
Número de Pavimentos	7 pavimentos tipo e 2 subsolos	22 pavimentos tipo e 3 subsolos	5 pavimentos tipos e 1 subsolo

Fonte: Silva; Violin (2013)

Os principais métodos construtivos utilizados nas obras foram: fachada em vidro na obra A, divisórias internas em *drywall* com fechamento externo em alvenaria nas obras A e C, e os fechamentos da obra B em alvenaria. Todas as obras utilizaram estruturas em concreto armado (SILVA; VIOLIN, 2013).

Para levantar o consumo de água na produção de concretos e argamassas, Silva e Violin (2013) realizaram análises em central dosadora. Os dados obtidos são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 – Consumo de água na produção de concretos e argamassas, caso 3

Material	Consumo (l/m ³)	Lavagem de caminhões (l/m ³)	Consumo humano e manutenção da indústria (l/m ³)	Total (l/m ³)
Concreto usinado	170	28	13,30	211
Argamassa usinada	160	28	13,20	201

Fonte: Silva; Violin (2013)

O consumo de água para a produção do concreto foi obtido pela média de diferentes resistências, cabe ressaltar que o consumo varia com o fator água cimento. Pelos dados da tabela, verifica-se que o consumo para os serviços de lavagem e manutenção é considerável, mesmo com a reutilização da água por decantação (SILVA; VIOLIN, 2013).

Por meio dos dados obtidos nos canteiros de obras, os autores levantaram o número de operários e os consumos de água, que são apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Consumos de água nas obras, caso 3

Obras	Média mensl de operários	Consumo médio mensal (m³)	Consumo nos serviços de concretagem (m³)	Indicador de consumo (m³/m²)
A	13	35,24	193	0,23
B	16	36,00	781	0,20
C	13	32,64	304	0,25

Fonte: Silva; Violin (2013)

O indicador de consumo por m² de todas as obras foi obtido por meio de tratamento estatístico, pois no período estudado nenhuma delas haviam sido concluídas. Somente para a obra C informou-se a quantidade de água consumida na produção de argamassa usinada, tal consumo foi de 57 m³. Os picos de consumo das obras deram-se na execução dos serviços de fundação, nos quais consomem grandes quantidade de concreto.

5.5.4 Estudo de caso 4

Em análise dos parâmetros de sustentabilidade descritos no PBQP-H, Romano (2017) estudou quatro obras em Campo Mourão-PR, dentre os indicadores abordados encontra-se o de consumo de água. Todas as obras analisadas tratam-se de condomínios residenciais, suas principais características são apresentadas na tabela 14.

Tabela 14 – Características principais dos empreendimentos, caso 4

Obra	Área construída (m²)	Número de pavimentos
A	4.240,50	5 pavimentos tipos, térreo e garagem
B	4.387,77	5 pavimentos tipos, térreo e garagem
C	2.099,76	3 pavimentos tipos, térreo e garagem
D	2.012,60	3 pavimentos tipos, térreo e garagem

Fonte: Romano (2017)

Por meio dos relatórios fornecidos pela construtora responsável pelas obras e pelo cálculo do indicador contido no PBQP-H, a autora obteve os dados de consumo de água, que são apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Consumo de água nas obras, caso 4

Obras	Número de operários	Consumo médio mensal (m³)	Consumo ao longo da obra (m³/operário/mês)	Indicador de consumo (m³/m²)
A	11	14,37	1,30	0,16
B	11	17,59	1,73	0,26
C	7	18,41	2,02	0,33
D	7	11,7	1,67	0,17

Fonte: Romano (2017)

As obras que apresentaram os menores consumos finais não se encontravam concluídas, além disso, a autora não utilizou nenhum tratamento estatístico para realizar estimativas de consumos futuros. O maior consumo final ficou por conta da obra C em decorrência do início da mudança dos moradores.

5.5.5 Estudo de caso 5

O estudo realizado por Marques *et al.* (2017) sobre o consumo de água e energia em canteiros de obras, analisou uma construtora localizada em Passo Fundo-RS. Para isso selecionou-se seis obras com os dados dos indicadores completos, com medições do início ao fim da execução, dessas, a obra B é do tipo residencial e comercial, a F comercial e as demais residenciais. O sistema construtivo utilizado em todas elas foi o concreto armado. Os dados obtidos após o monitoramento são apresentados na tabela 16.

Tabela 16 – Características físicas e indicadores de consumo, caso 5

Obra	Área construída (m²)	Indicador de consumo (m³/m²)
A	6.223,66	0,28
B	15.969,04	0,01
C	13.704,93	0,17
D	5.567,81	0,18
E	5.046,30	0,13
F	48.870,81	0,02

Fonte: Marques *et al.* (2017)

A distinção dos parâmetros calculados deve-se às particularidades de cada uma das obras, como: gestão, tipo, técnicas construtivas e área construída. A partir das vistorias realizadas nas obras, verificou-se que as do tipo comerciais são mais racionalizadas e simplificadas, com menos acabamentos e revestimentos, o que explica o comportamento em relação ao consumo de água, com indicadores de consumos inferiores aos demais. Nessas obras, observou-se uma redução considerável na quantidade de serviço de cerâmicas em geral, devido a áreas menores de banheiros e cozinhas, e a inexistência de áreas de serviço, como consequência houve redução na quantidade do serviço de instalações hidrossanitárias. As divisórias foram construídas em gesso acartonado. Dessa forma, também há a redução na geração de resíduos e a consequente necessidade de limpeza do canteiro de obra (MARQUES *et al.*, 2017).

5.6 GESTÃO DA ÁGUA NO CANTEIRO DE OBRAS

A gestão da utilização da água nos canteiros de obras minimiza os impactos sobre sua escassez, tornando-se fundamental na preservação dos recursos hídricos (ARAÚJO, 2009). Esse item, aborda-se as medidas sugeridas por alguns autores, com enfoque na utilização de água pluvial, reuso de água de outras fontes alternativas e nos sistemas construtivos a seco.

5.6.1 Medidas de conservação

Segundo Pessarello (2008) e Araújo (2009), nas instalações provisórias e em outros pontos do canteiro, a redução do consumo de água potável pode ser obtida pelas seguintes ações:

- Palestras para conscientização dos funcionários, com relação à fonte finita de recursos naturais;
- Diminuição da vazão nos pontos de utilização, por meio da instalação de válvulas redutoras de pressão;
- Limitação do consumo nos pontos de utilização, por meio do uso de tecnologias e componentes economizadores (utilização de torneiras com acionamento e desligamento automático e instalação de temporizadores nos chuveiros);
- Setorização da medição do consumo, por meio da instalação de medidores individuais para as áreas de vivência e de produção, com acompanhamento mensal dos consumos e medidas para redução dos mesmos, a fim de conhecer os diferentes consumos e evitar desperdícios;
- Utilização de fontes alternativas para redução do consumo de água potável, como a utilização de águas pluviais. Tal fonte pode ser utilizada para a limpeza do canteiro de obras, descargas e finalidades não potáveis.

Tais ações devem ser empregadas ao longo de todo o período da obra, com a possibilidade de reaproveitamento dos equipamentos.

Em relação às fontes alternativas, Naik (2004) afirma que a água da chuva e a água de escoamento superficial podem ser utilizadas como um método de conservação de água potável, por meio da reciclagem desses recursos hídricos na construção. A água cinza deve ser reciclada e utilizada para irrigação de grama, arbustos, plantas, árvores e jardins; bem como para a produção de concreto. A utilização e a reciclagem podem ser obtidas pela reutilização da água no local, para ciclos repetidos da mesma tarefa e para outros fins, desde que tratada, pela utilização da água cinza após a remoção dos sólidos e pela coleta de água não potável de fontes como água da chuva, lagos, rios e lagoas para uso na construção.

A diminuição do consumo e o reuso de recursos hídricos são ações que vem sendo tomadas por algumas construtoras para a redução do consumo de água potável nos canteiros de obras. A água utilizada nas pias é reutilizada nos mictórios e, depois de decantada, a das betoneiras para a limpeza dos próprios equipamentos. A água pluvial coletada é utilizada para irrigação de jardins e limpeza do piso. Outra iniciativa, é a inserção de garrafas pet, cheias de areia, na caixa

acoplada dos vasos sanitários das obras, com a economia 1,2 litros de água a cada descarga.

Outra construtora, implantou um sistema de Lava Rodas, para minimizar a poeira e a lama dispersada pelos caminhões nas vias públicas do entorno dos empreendimentos. A água passa por um sistema de filtração e decantação e retorna para a caixa d'água específica do sistema, podendo ser reutilizada para novas lavagens de caminhões, na limpeza de pisos e garagens, na irrigação dos jardins, entre outras finalidades. O percentual de reutilização desse processo é de 90%, o que evita o consumo mensal de 23 m³ de água.

Os sistemas construtivos industrializados também surgem como alternativa para a conservação dos recursos naturais, dentre eles a água, com baixos ou nenhum consumo. O *drywall*, o *light wood frame* e o *light steel frame*, são exemplos desses sistemas e podem receber financiamento da Caixa Econômica Federal, do Banco do Brasil e de bancos credenciados no programa do Governo Federal “Minha Casa Minha Vida” (GOMES; LACERDA, 2014).

5.6.2 Utilização da água pluvial no Brasil

A ABNT NBR 15900: 2009, especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação. A água proveniente da captação pluvial pode ser utilizada para uso no concreto, desde que ensaiada. Os requisitos para inspeção preliminar de água de amassamento do concreto abordados pela norma são apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Requisitos para água de amassamento do concreto

Parâmetro	Requisito
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 min
Cor	A cor deve ser comparada qualitativamente com água potável devendo ser amarelo claro a incolor, exceto para a água recuperada de processos de preparação do concreto
Material sólido	Máximo de 50 000 mg/L
Odor	A água recuperada de processos de preparação do concreto não deve apresentar cheiro, exceto um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio após a adição de ácido clorídrico
Ácidos	Água de outras fontes deve ser inodora e sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico pH \geq 5
Matéria orgânica	A cor da água deve ser mais clara ou igual à da solução-padrão, após a adição de NaOH

Fonte: ABNT NBR 15900: 2009

A utilização da água, que não estiver de acordo com uma ou mais das exigências da tabela 21, dependerá dos tempos de início e fim de pega e da resistência média à compressão. Nas amostras de pasta preparadas com a água em ensaio, os tempos de início e fim de pega não devem diferir em mais de 25 % dos obtidos com amostras de água destilada ou água deionizada. A resistência média à compressão aos 7 e 28 dias dos corpos-de-prova de concreto ou de argamassa, preparados com a água em ensaio, deve alcançar pelo menos 90% da resistência à compressão dos preparados com água destilada ou deionizada. Os teores máximos das substâncias químicas para água de amassamento são apresentados na tabela 18.

Tabela 18 – Teores máximos das substâncias químicas para água de amassamento

Substância	Teor máximo mg/L
	500 para concreto protendido ou graute
Cloreto	1000 para concreto armado 4500 para concreto simples
Sulfatos	2000
Álcalis	1500
Açúcares	100
Fosfatos	100
Nitratos	500
Chumbo	100
Zinco	100

Fonte: ABNT NBR 15900: 2009

A contaminação na água de amassamento do concreto por açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo e zinco podem alterar os tempos de pega e as resistências do concreto.

Em estudo sobre a viabilidade técnica da água de chuva para uso nos processos de preparo do concreto, Costa (2017) constatou que a água pluvial pode ser utilizada como água de amassamento no concreto e que sua utilização não afeta os tempos de início e fim de pega, portanto, os resultados satisfazem a ABNT NBR 15900: 2009 e a ABNT NBR 11581: 1991. A água pluvial foi coletada por meio de telhados cerâmicos e metálicos da UTFPR-Campo Mourão, posteriormente adicionada na mistura de concreto e argamassa, ensaiada e comparada aos ensaios com água da torneira e destilada.

O tempo de início de pega foi superior a uma hora e o tempo de fim de pega foi inferior a dez horas para o tipo de cimento analisado. As resistências dos corpos de prova ensaiados ficaram acima dos 90% exigido pela norma, a água coletada do telhado cerâmico apresentou resistência maior em comparação ao metálico (COSTA, 2017).

Já Oliveira *et al.* (2016), verificaram a viabilidade do aproveitamento da água pluvial na produção de blocos de concreto não estrutural, para isso, visitaram duas fábricas de blocos de concreto não estrutural, em uma delas a água da chuva era

tratada e utilizada na confecção e hidratação dos blocos, enquanto que na outra não havia esse aproveitamento. Os estudos foram concentrados apenas na fábrica A, e os dados obtidos na fábrica B foram utilizados para fins comparativos. Com os dados obtidos, constatou-se que a reutilização da água da chuva na produção de blocos de concreto não estrutural é um processo eficaz e vantajoso, desde que haja um sistema que elimine a primeira água e trate a água coletada. Essa medida, dependendo do clima e para a produção de aproximadamente 9.000 blocos, gera uma economia de 850 a 1700 litros de água/dia.

5.6.3 Reuso internacional de água na construção civil

Tecnologias rentáveis estão disponíveis para reciclar a maior parte dos resíduos sólidos, como substitutos parciais do agregado graúdo, em misturas de concreto fresco. Da mesma forma, águas residuais industriais e não potáveis podem ser substituídas por água municipal para misturar concreto, a menos que sejam comprovadamente prejudiciais por testes (MEHTA, 2002).

A Alemanha tem se destacado pelo uso de água reciclada na produção de concreto, desde aquela recolhida da limpeza dos caminhões betoneira até a água de chuva, recolhida e tratada. As pesquisas europeias mostram que não há distinção na qualidade e durabilidade entre a água potável e a reciclada (GRANDES CONSTRUÇÕES, 2014).

Nos Estados Unidos utiliza-se água de esgoto para a produção de concreto, para isso são submetidas à três fases de tratamento, a separação mecânica de contaminantes, o ataque com uso de microorganismos que degradam o conteúdo orgânico e a desinfecção com uso de aditivos químicos. Os procedimentos de tratamento e outros parâmetros são descritos no Guia de Procedimentos para o uso da água reciclada na indústria do concreto, fornecido pela Agência Americana de Controle Ambiental. Os australianos também criaram uma legislação específica para o uso de água tratada de esgoto na produção de concreto (GRANDES CONSTRUÇÕES, 2014).

No Texas, Borger *et al.* (1993) estudou a resistência, tempo de pega, trabalhabilidade e a resistência a sulfatos de argamassas produzidas com água de lavagem de caminhões betoneiras adicionadas às 1, 2, 4, 8, 24 e 48 horas após

terem sido preparadas. As conclusões obtidas apontaram que a água de lavagem pode ser utilizada na produção de concreto.

A idade da água de lavagem está diretamente ligada às resistências iniciais, com aumento de até 20%, desde que com idades iguais ou inferiores a 8h. Tal aumento, deu-se em razão da redução da relação água/cimento efetiva e no aumento do teor do cimento na mistura. Em geral, a resistência ao sulfato foi aumentada, a permeabilidade foi reduzida devido ao aumento do teor de cimento na mistura, os tempos de pega foram acelerados ou retardados em até 25%, sendo menor para águas com idades de até 8h devido ao maior teor de cimento, após esse tempo as partículas se assentaram e passaram a apresentar consistência normal.

Na Itália, Sandrolini e Franzoni (2000) também investigaram o efeito da água de lavagem de caminhões betoneiras no desempenho do concreto. As amostras foram coletadas com idade de 1 hora e apresentaram um teor de sólidos de até 40 g/l. A resistência à compressão das amostras de argamassas e concretos em idades iniciais foram superiores a 96%, sendo superior ao mínimo exigido pela norma (90%). A trabalhabilidade foi reduzida devido à adição de finos e a redução do teor real de água, a permeabilidade também foi reduzida.

No Iraque, Ismail e Al-Hashmi (2010) reutilizaram águas residuais de resina na produção de concreto. O estudo mostra que as misturas de concreto podem ser preparadas com sucesso usando água residual de acetato de polivinila (*PVAW*). O efeito de diferentes proporções *PVAW/C* na trabalhabilidade e nas propriedades endurecidas de misturas de concreto foi estudado, bem como o teste de lixiviação de resíduos. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que:

Os valores de redução do slump das misturas de concreto *PVAW* foram ligeiramente superiores com o aumento dos índices *PVAW/C*, no entanto, todos os valores foram menores do que aos do slump das amostras de controle, mas ainda são viáveis. Os valores de força foram ligeiramente reduzidos com o aumento das razões *PVAW/C*, mas todos os valores foram próximos ou ligeiramente superiores aos das amostras de controle. Os valores de densidade rígida foram aumentados com o aumento das razões *PVAW/C*. O teste de lixiviação de materiais residuais não evidenciou lixiviação dos constituintes tóxicos do *PVAW*, representados principalmente pela medida de Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Na Jordânia, Ghair *et al.* (2016) avaliaram o potencial da Água Cinza Tratada (*TGW*) e Bruta (*RGW*) na produção de concreto e argamassa. Os resultados

da qualidade da água cinza e os limites permitidos de mistura de água para concreto mostram que o *TGW* é adequado para produção de concreto. No entanto, a *RGW* deve ser pré-tratado para reduzir o teor de microrganismos antes de entrar em contato direto com os seres humanos.

Os resultados para argamassas feitas com *TGW* no tempo de cura 7, 28, 120 e 200 dias não demonstraram nenhum efeito negativo sobre a resistência à compressão da argamassa. No entanto, o uso de *RGW* levou a uma redução na resistência à compressão de até 10%. Apesar da relativa redução na resistência à compressão, há um desenvolvimento de resistência lenta, mas continuamente até 200 dias.

A resistência à compressão do concreto feita com *TGW* aos 28, 120 e 200 dias de cura não é afetada negativamente quando comparada ao concreto feito com água destilada. No entanto, o concreto que fez com *RGW* mostra redução na resistência à compressão de até 13,9% em 120 dias.

O efeito da água cinzenta como mistura de água na absorção de água e durabilidade do concreto não é significativo. A diluição de *RGW* em 50% de água destilada leva a um aumento significativo da resistência à compressão do concreto quando comparado ao uso de *RGW* não diluído. Dessa forma, o *TGW* e o *RGW* são alternativas potenciais para a água doce na indústria de produção de concreto.

Na Índia, Razak e Babu (2015) também avaliaram a trabalhabilidade e o comportamento de resistência à ruptura e à flexão do concreto produzido com água cinza e concreto convencional em estado fresco e endurecido.

Ao comparar os resultados das amostras produzidas com água cinza, de tratamento primário e secundário, com as amostras de água potável, houve uma diminuição na trabalhabilidade do concreto produzido com água tratada primária enquanto a água tratada secundária apresentou melhor trabalhabilidade. O valor de resistência à compressão não apresentou diferença significativa entre os concretos produzidos com água tratada primária, água tratada e água potável. A resistência à tração do concreto feito com água tratada com esgoto foi menor do que a da água potável.

Concretos feitos com água tratada com esgoto apresentaram boas propriedades frescas e endurecidas. O concreto feito com água tratada com esgoto é mais adequado para concreto simples, pois há possibilidade de corrosão da

armadura devido às impurezas orgânicas e inorgânicas presentes na água tratada em esgoto.

5.6.4 Sistemas construtivos industrializados a seco

A construção a seco, diferente do sistema convencional, não está associada à utilização e/ou baixo consumo de tijolos, concreto armado e água, materiais com elevado ciclo energético. Os sistemas mais conhecidos de construção a seco são: *wood frame*, *steel frame* e o *drywall* (MORAIS *et al.*, 2018).

A disseminação do sistema construtivo *drywall* no setor da construção do Brasil é relativamente recente. Foi introduzido no Brasil nos anos 1970, devido ao pouco uso e conhecimento do sistema, encontrou-se certa resistência. A partir dos anos 1990, sua utilização começou a se difundir, porém seu uso se restringiu ao segmento de hotéis e prédios de escritórios. Somente a partir de 2006, com o forte crescimento do mercado imobiliário brasileiro, criou-se melhores condições para a racionalização e modernização dos processos construtivos, que favoreceu o avanço do uso do *drywall* também no mercado residencial (CBIC *et al.*, 2013).

O sistema em *drywall* é composto por uma estrutura de aço galvanizado e duas ou mais chapas de gesso, que são parafusadas em ambos os lados. No espaço interno entre as placas pode-se adicionar materiais para conferir melhores desempenhos térmicos e acústicos. Os acabamentos podem ser os mesmos utilizados na alvenaria tradicional, sem necessidade de preparo prévio (CBIC *et al.*, 2013).

Em relação a alvenaria tradicional, os fechamentos em *drywall* conferem maior organização e limpeza do canteiro, rapidez e facilidade na execução das vedações, facilidade de controle e menor desperdício de materiais (SANTIAGO; ARAÚJO, 2008). A geração de resíduos fica em torno de 5%, sendo totalmente reciclável (CBIC *et al.*, 2013).

O *wood frame*, é usado em diversos países há anos, agora vêm ganhando espaço no mercado Brasileiro. Seu surgimento deu-se a partir da instalação da unidade de fabricação na cidade de Curitiba-PR. Nos EUA essa tecnologia é utilizada em 95% das casas construídas (MORAIS, *et al.*, 2018).

Sua estrutura consiste em perfis de madeira reflorestada e tratada, que forma painéis de pisos, paredes e telhados combinados e/ou revestidos com outros

materiais. Seus componentes essenciais são o pinus, para isolamento térmico e acústico, os painéis de tiras de madeira orientada (*oriented strand board – OSB*), a membrana hidrófuga, a placa cimentícia, o gesso acartonado e o acabamento (GOMES; LACERDA, 2014). Na figura 9, ilustra-se uma estrutura de um edifício em *wood frame*.

Figura 9 – Estrutura de um edifício em *wood frame* no Paraná



Disponível em: <<https://blogdaengenharia.com/wood-frame-predio-construido-em-8-dias/>>

Algumas vantagens do *wood frame* são:

- Redução no tempo de obra, pois a maioria das peças saem das fábricas, prontas e corretamente dimensionadas;
- Redução dos desperdícios de matéria-prima em 85 % no canteiro de obra;
- Resíduos sólidos são facilmente recicláveis;
- Minimização dos impactos ambientais relacionados ao consumo dos recursos hídricos, pelo sistema não utilizar água no processo de execução da obra;
- Excelente desempenho térmico e acústico, devido a composição da parede com lã de vidro ou PET reciclada, absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos.

Algumas desvantagens do *wood frame* são: necessidade de mão de obra especializada, com baixa oferta, preconceito da sociedade em relação a casas de madeira e limitação de fornecedores no Brasil.

O *steel frame* é uma derivação do *wood frame*, porém, com elevado consumo de energia incorporada e emissões de CO₂, em função da produção do aço. Começou a ser empregado no Brasil em residências, no início da década de 90, desde então o sistema vem ganhando mercado e sua aplicação superou as construções residenciais (GOMES; LACERDA, 2014).

Seu sistema de estrutura em aço é composto por diversos elementos individuais ligados entre si, que funcionam como um conjunto resistindo às cargas aplicadas. A estrutura de aço, junto às placas de OSB, placas cimentícias e placas de gesso constituem os painéis que podem ser estruturais ou não estruturais. Para melhorar o conforto térmico e acústico das edificações, utilizam-se materiais como lã de rocha mineral ou lã de vidro aglomerada com resinas sintéticas (GOMES; LACERDA, 2014). Na figura 10, ilustra-se a estrutura de um edifício em sistema *steel frame*.

Figura 10 – Edifício em sistema construtivo *steel frame*



Disponível em: <<http://lightsteelframe.eng.br/estrutura-steel-frame-tipos-e-diferencas/>>

Algumas vantagens do *steel frame* são:

- Redução do prazo de construção em até 30%;

- Desempenho térmico e acústico cerca de 2,5 vezes superior ao sistema convencional de alvenaria com a utilização da lã de rocha e lã de vidro ou lã de PET;
- Baixo custo e facilidade de manutenção de instalações de hidráulica, elétrica, ar condicionado e gás;
- Reciclagem e reaproveitamento de vários materiais aplicados no sistema, em especial o aço;
- Alta qualidade, pois o processo de fabricação ocorre dentro de uma indústria com rígido controle de qualidade e mão de obra altamente qualificada.

A principal desvantagem do *steel frame* é a exigência de mão de obra especializada, ainda escassa no Brasil.

Esses sistemas também se caracterizam pelo baixo peso de sua estrutura, bem mais leves que outros sistemas estruturais, assim, reduzem também as cargas transferidas para a fundação. As fundações mais executadas são as rasas, como as sapatas corridas e o *radier* (CAMPOS, 2014).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Em relação as diversas informações sistematizadas a respeito dos recursos hídricos, tem-se que:

A porção de água doce representa apenas uma fração dos recursos hídricos disponíveis na Terra, não bastasse isso, encontra-se escassa em todos os continentes, em diferentes níveis, independente das vantagens quantitativas. Sua escassez está diretamente associada às atividades humanas. À medida que a população cresce, aumenta-se as retiradas para o abastecimento doméstico, municipal, industrial e agrícola. Parte dessas retiradas voltam para o meio ambiente em forma de efluentes, numa interação cíclica, que afeta a qualidade das águas.

Os programas de conservação, aqui abordados, têm como objetivos a redução de consumo por meio de ações comportamentais, compreendem também, a utilização de equipamentos economizadores, medição individualizada e fontes alternativas, que incluem a captação de água pluvial e o reuso de água. Nos programas PURA-USP e PURAE tem-se programas referências na gestão e conservação dos recursos hídricos, bem estruturados e amplamente abordados na literatura nacional.

Ao tratar-se da água na construção civil, verificou-se que:

A construção civil, apesar de não ser a grande responsável pelo consumo mundial de água, configura-se como um setor bastante representativo, com grande potencial de contribuição na sua preservação. É uma porção significativa da indústria associada às necessidades humanas, com grande participação na economia brasileira e excessivos consumos de recursos naturais não renováveis.

No Brasil, o subsetor de edifícios representou a atividade de obras e/ou serviços com maior representatividade econômica no ano de 2015, com predominância do sistema construtivo tradicional, caracterizado por elevados consumos de concretos e argamassas, que possuem alta representatividade nos excessivos volumes de água consumidos. Em sua construção, a água incorporada não envolve somente a construção do edifício em si, mas inclui a extração e processamento de matérias primas, a fabricação de materiais e produtos de construção. Do volume mundial de água doce, estima-se que 17% é utilizado na indústria da construção, nos países industrializados o consumo chega a 25%.

As variações dos indicadores de consumo de água, obtidos pelos estudos de caso, dão-se em razão da gestão, complexidade, área construída e características construtivas das obras, assim, os edifícios comerciais consomem menos água por necessitarem de menos acabamentos e revestimentos, não sendo possível apresentar um indicador estável de consumo para fins produtivos, mas, somente um indicador para uso humano. No entanto, alguns dos estudos apontaram que as fases produtivas de maior consumo ocorrem nas etapas de fundações e acabamentos.

Da mesma maneira que os programas de conservação para as edificações, os pesquisadores citados salientam que a redução de água potável no canteiro de obras pode ser obtida pela conscientização, uso de equipamentos economizadores, setorização da medição e utilização de fontes alternativas, com referência à água de chuva. Porém, estudos internacionais mostram que o reuso de água de lavagem de caminhão betoneira, água residual de resina e águas cinzas não causam efeitos significativos nas propriedades do concreto. As vantagens da utilização de fontes alternativas, extrapolam a racionalização de grandes volumes de água potável, englobam a redução dos efluentes lançados no meio ambiente e a redução da carga nos sistemas de drenagem urbana.

No entanto, para que a gestão da água no canteiro de obras ocorra de maneira eficaz, torna-se necessário a tomada de todas as ações em conjunto, desde a conscientização dos indivíduos, responsáveis por boa parte do consumo e pelas tomadas de decisões, até à evolução no processo de construir. Contudo, os sistemas industrializados mais eficientes na conservação da água possuem limitações, dentre elas, mão-de-obra não especializada e preconceitos da sociedade.

Assim, além de contribuir de maneira significativa com a preservação dos recursos hídricos, contribui-se para uma indústria mais sustentável como um todo, uma vez que há racionalização do consumo de todos os recursos naturais não renováveis, ou seja, toda ação que visa reduzir os impactos da construção civil sobre o meio ambiente contribui para a sustentabilidade de todo o planeta.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2016**. Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **GEO Brasil: recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/GEO%20Brasil%20Recursos%20Hídricos%20-%20Relatório.pdf>>. Acesso em: 27 jul., 2017.

AGUAPURA. Disponível em: <<http://teclim.ufba.br/web/aguapura/>>. Acesso em: 13 fev, 2018.

ARAÚJO, Alexandre Feller de. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. 2002. 120 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84192>>. Acesso em: 2 ago. 2017.

ARAÚJO, Viviane Miranda. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. 228 f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-28102009-173935/en.php>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

ASADOLLAHFARDI, Gholamreza; ASADI, Mohsen; JAFARI, Hamidreza; MORADI, Abdolmohammad; ASADOLLAHFARDI, Rashin. Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete. **Construction and Building Materials**, ago. 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/281286286>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900**: Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 2009.

BARROS, Mercia M. S. Bottura; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://a69d0d4b-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/pcedifícios/Home/documentos/Concreto-Armado-recomendacoes-para-producao-de-estruturas-de-concreto.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

BARROS, Mercia M. S. Bottura. **Tecnologias construtivas para produção de edifícios no Brasil: perspectivas e desafios**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://sites.usp.br/construinoiva/wp-content/uploads/sites/97/2016/12/Tecnologias-construtivas-vADAPTADA-PARA-POS-GRADUA%C3%87%C3%83O-COMPACT.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

BORGER, Jeff; CARRASQUILLO, Ramon L.; FOWLER, David W. Use of Recycled Wash Water and Returned Plastic Concrete in the Production of Fresh Concrete. **Advanced Cement Based Material**, v. 6, nov. 1994. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/1065735594900353>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima; SILVA, Aderaldo de Souza; PORTO, Everaldo Rocha. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. **Embrapa Semi-Árido**, Petrolina, cap. 1, p. 15-32, nov. 2007. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159648/disponibilidade-de-agua-e-a-gestao-dos-recursos-hidricos>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

CALÇADA, Paulo de Azevedo Branco. **Estudo dos processos produtivos na construção civil**. 2014. 77 f. Projeto de Graduação – Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011841.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei Nº 1.750/2015**. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1301132>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

CÂMARA MUNICIPAL DE CASCAVEL. **Lei Nº:4.631/2007**. Disponível em: <https://www.camaracascavel.pr.gov.br/leis-municipais?spdf=1&leis_id=81&nf=4-631-2007&tmpl=raw>. Acesso em: 13 fev. 2018.

CAMPOS, Patrícia Farrielo de. **Light Steel Framing: Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento**. 2014. 196 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-11072014-155539/pt-br.php>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

CATTANI, Airton. **Recursos informáticos e telemáticos como suporte para formação e qualificação de trabalhadores da construção civil**. 2001. 249 f. Tese (doutorado) – Curso de PósGraduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/files/teses/tese_cattani.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2017.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO; INSTITUTO AÇO BRASIL; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Tributação, Industrialização e Inovação tecnológica na Construção Civil.** Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/pitversaofinal.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas.** Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Políticas%20Publicas.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2017.

COSTA, Jamy Oliveira. **Viabilidade técnica de água de chuva coletada de telhados para uso nos processos de preparo do concreto.** 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8322>>. Acesso em: 18 ago. 2017.

CRAWFORD, Robert H.; TRELOAR, Graham J. **An assessment of the energy and water embodied in commercial building construction.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/242296069_An_assessment_of_the_energy_and_water_embodied_in_commercial_building_construction>. Acesso em: 01 mai. 2018.

DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTOS – 2015. Brasília: **SNIS**, 2017. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2013/10/Diagnostico_AE2015.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

EVEN. **Relatório anual e de sustentabilidade 2012.** Disponível em: <http://ri.even.com.br/download_arquivos.asp?id_arquivo=596C6B7B-B5BF-4F39-B425-32ABD97FBCFA>. Acesso em: 22 fev. 2018.

EVEN. **Relatório anual e de sustentabilidade 2016.** Disponível em: <http://ri.even.com.br/download_arquivos.asp?id_arquivo=EB354DA5-C063-4037-91A7-D6B012A46C7D>. Acesso em: 21 fev. 2018.

FERREIRA, Ivanir. **USP cria programa para gerir uso de água e energia elétrica.** Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=225656>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

FLAVIO, Isabella Barbosa; ESASIKA, Tatiana Sayuri Higuchi; SANTOS, Yolanda Calderaro de Almeida. **Gestão da demanda de água em canteiros de obras de edifícios.** São Paulo, 2015. 105p. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, EPUSP.

GHRAIR, Ayoup M.; AL-MASHAQBEH, Othman A.; SARIREH, Mohmd K., AL-KOUZ, Nedal; FARFOURA, Mahmoud; MEGDAL, Sharon B. **Influence of grey water on physical and mechanical properties of mortar and concrete mixes.** Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447916301551>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

GOMES, Jefferson de Oliveira; LACERDA, Juliana Ferreira Santos Bastos. **Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: Análise do estado da arte.** Disponível em: <<http://etech.sc.senai.br/index.php/edicao01/article/view/469>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

HAFNER, Ana Vreni. **Conservação e reúso de água em edificações: Experiências nacionais e internacionais.** Rio de Janeiro, 2007. 161p. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa anual da indústria da construção.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-construcao-civil/pesquisa-anual-da-industria-da-construcao-paicibge>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

ISMAIL, Zainab Z.; AL-HASHMI, Enas A. **Assessing the recycling potential of industrial wastewater to replace fresh water in concrete mixes: application of polyvinyl acetate resin wastewater.** Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610003677>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

JUSBRASIL. **Lei Nº 12.474/2006.** Disponível em: <<https://cm-campinas.jusbrasil.com.br/legislacao/318286/lei-12474-06>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

LEIS MUNICIPAIS. **Decreto Nº 293.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/2006/29/293/decreto-n-293-2006-regulamenta-a-lei-n-10785-03-e-dispoe-sobre-os-criterios-do-uso-e-conservacao-racional-da-agua-nas-edificacoes-e-da-outras-providencias-2006-03-22>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

LEIS MUNICIPAIS. **Lei complementar Nº 685/2007.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-complementar/2007/68/685/lei-complementar-n-685-2007-cria-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

LEIS MUNICIPAIS. **Lei Nº 10.785/2003.** Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes-purae>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos Afonso; SELUCHI, Marcelo Enrique; CUARTAS, Adriana; ALVES, Lincoln Muniz; MEDIONTO, Eduardo Mario;

OBREGÓN Guillermo; SAMPAIO, Gilvan. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo, jul./ago./set. 2015. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/110101>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

MARQUES, Cristian Teixeira; GOMES, Bárbara Maria Fritzen; BRANDLI, Luciana Londero. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade**, 2017, vol.17, n.4, pp.79-90. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212017000400079&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita da Silva. **Avaliação da sustentabilidade da construção: Proposta para edifícios mais sustentáveis**. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9886>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

MEHTA, Kumar. **Greening of the concrete industry for sustainable development**.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Disponível em <<http://www.mte.gov.br/legislacao/>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

MORAIS, Eduardo F.; SILVA, André L.M.; GOMES, Felipe A.S.; LUCENA, José I.; SOUZA, Wendell. **Estudo comparativo entre os sistemas de construção convencional brasileiro com o wood frame**. XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira III. Congresso Latino-americano de Estruturas de Madeira IBRAMEM, LaMEM, SET, EESC, USP, São Carlos, 2018.

MOTA, S., 1997, **Introdução à Engenharia Ambiental**. 1.ed. Rio de Janeiro, RJ, ABES.

MRV. **Relatório de Sustentabilidade, 2017**. Disponível em <http://www.mrv.com.br/sustentabilidade/upload/Publicacoes/bh003617_relatorio_ca_p_sinvertidos_636362335139857478.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2018.

NAIK, T.R. **Sustainability of the cement and concrete industries**, 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/266048606_Sustainability_of_Cement_and_Concrete_Industries>. Acesso em: 01 mai. 2018.

NAKAGAWA, Alessandra Keiko. **Cacterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da ufba**. UFBA, 2009. Disponível em: <http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_keiko_nakagawa.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2018.

NETO, José Dantas. **Uso eficiente da água: aspectos teóricos e práticos**. Campina Grande, Paraíba – 2008. Disponível em: <<http://www.eumed.net/librosgratis/2008c/447/#indice>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

NETO, Pedro de Souza Garrido. **Telhados verdes associados com aproveitamento de água de chuva: Projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil.** Rio de Janeiro, 2012. 168p. Projeto de graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. Porto Alegre, 2013.

OLIVEIRA, João Paulo Gama de; SILVA, Luana Celeste; FERNANDES, Fernando A. da S.; PAZ, Lidiane A. F. da. Reuso da água da chuva na produção de blocos de concreto não estrutural. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 487–496. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/19272/pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

OLIVEIRA, Orestes M.; ILHA, Marina S. O.; GONÇALVES, Lúcia Helena de. **PROACQUA - Qualidade e inovação dos sistemas prediais hidráulicos.** Fortaleza – 2008. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A2009.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

PESSARELLO, Regiane Grigoli. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores.** USP, 2008. Disponível em: <<http://www.poliintegra.poli.usp.br/library/pdfs/7f3c9143404e82ba87639255e32062e6.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

PINHEIRO, Gustavo Focesi. **O gerenciamento da construção civil e o desenvolvimento sustentável: um enfoque sobre os profissionais da área de edificações.** UNICAMP, 2002. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258396/1/Pinheiro_GustavoFocesi_M.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

PMSS. **Programa Nacional Combate ao Desperdício Água – PNCDA.** Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/programa-nacional-combate-ao-desperdicio-agua-pncda>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Lei Nº 14.018/2005.** Disponível em: <http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=29062005L%20140180000>. Acesso em: 13 fev. 2018.

PROACQUA. **Programa de Qualidade e Produtividade dos Sistemas de Medição Individualizada de Água.** Disponível em: <http://www.proacqua.org.br/proacqua_adm/detalhe_f.asp?sec=1>. Acesso em: 29 mar. 2018.

RAZAK, B.H Abdul; BABU, D.L. Venkatesh. Experimental investigation on usage of grey water in concrete production. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 2, nov. 2015. Disponível em: <<https://irjet.net/archives/V2/i8/IRJET-V2i8111.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

ROCHA, Antonio Carlos da. **Análise comparativa de planejamento e custo de fachadas de edifício de múltiplos pavimentos com as tecnologias tradicional e com chapas delgadas estruturadas em *light steel framing***. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-27092017-103852/en.php>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

ROMANO, Laís Ribeiro. **Análise dos parâmetros de sustentabilidade descritos no PBQP-H em obras de uma construtora em Campo Mourão - Paraná**. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – Formulação e aplicação de uma metodologia**. USP, 1989. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-30082017-091328/en.php>>. Acesso em: 9 out. 2017.

SANDROLINI, Franco; FRANZONI, Elisa. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. **Cement and Concrete Research**, Italy, p. 485-489, out. 2000. Disponível em: <http://www.abcem.org.br/construmetal/2008/downloads/PDFs/2_Alexandre_Santiago_o_Construmetal-STEEL_FRAMING_COMO_FECHAMENTO_EXTERNO.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2018.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; ARAÚJO, Ernani Carlos de. **Sistema light steel framing como fechamento externo vertical industrializado**. Construmetal – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/248357304_Waste_wash_water_recycling_in_ready-mixed_concrete_plants>. Acesso em: 01 mai. 2018.

SANTOS, Roberto Eustaáquio. **A armação do concreto no brasil - História da difusão da tecnologia do concreto armado e da construção de sua hegemonia**. UFMG, 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/FAEC-84KQ4X/2000000140.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 out. 2017.

Saúde e Segurança do trabalhador da construção: o que têm feito governo e empresários. Revista **GRANDES CONSTRUÇÕES**, N° 55- Dezembro/2014. Disponível em: <<http://www.grandesconstrucoes.com.br/Edicoes>>. Disponível em: <<http://www.grandesconstrucoes.com.br/Edicoes>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

SILVA, Robson Rodrigo; VIOLIN, Ronan YuzoTakeda. **Gestão da água em canteiros de obras de construção civil**. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Robson_Rodrigo_da_Silva2.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2017.

SHIKLOMANOV, Igor A. **World water resources: A new appraisal and assessment for the 21st century**. St Petersburg, 1998. Disponível em: <<http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers/Shiklomanov.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

TABELA DE COMPOSIÇÕES DE PREÇOS PARA ORÇAMENTOS. **PINI**, São Paulo: 2010.

TAMAKI, Humberto Oyamada; GONÇALVES, Orestes Marraccini. **A medição setorizada como instrumentos de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo**. Escola Politécnica USP, 2004. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00357.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2018.

TEIXEIRA, Marcela Mantovani. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro**. USP, 2010.

TUNDISI, J. G. O futuro dos recursos. **MultiCiência**, São Paulo, out. 2003. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/art03_e.htm>. Acesso em 10 ago. 2017.

WWAP. Contribuição da Unesco à edição de 2015. Relatório Mundial sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Encarando os desafios– Estudo de caso e indicadores**, 2016c. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244035por.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

WWAP. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água e Emprego – Fatos e números**, 2016b. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244041por.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2017.

WWAP. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água e Emprego – Resumo executivo**, 2016a. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

WWAP. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Água para um mundo sustentável – Sumário executivo**, 2015. Disponível em: <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2017.

WWAP. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos. **Águas residuais: O recurso inexplorado – Resumo executivo**, 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2017.