

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E
AMBIENTAL

JULIANA GERVASIO NUNES

**ANÁLISE DA CONCEPÇÃO E COMPORTAMENTO DO SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM OPERAÇÃO NA
UFMT, CAMPUS CUIABÁ**

CUIABÁ
2016

JULIANA GERVASIO NUNES

**ANÁLISE DA CONCEPÇÃO E COMPORTAMENTO DO SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM OPERAÇÃO NA
UFMT, CAMPUS CUIABÁ**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Orientador: Prof^a Dra. Eliana Beatriz Nunes Rondon
Lima

CUIABÁ
2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Bibliotecária Cristhiane Martins Lima
CRB 11º/614

N972a Nunes, Juliana Gervásio

Análise da concepção e comportamento do
sistema de aproveitamento de água de chuva em
operação

na UFMT, Campus Cuiabá /Juliana Gervásio
Nunes, 2016.

109 f.

Orientadora: Prof^a Dra. Eliana
Beatriz Nunes Rondon Lima.

Dissertação (Mestrado)- Universidade
Federal de Mato Grosso. Campus Cuiabá, 2016.

1. Sustentabilidade 2. Conservação de água
3. Indicadores de desempenho I. Nunes, Juliana
Gervásio II. Título



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental
Campus I da UFMT, Cuiabá, Mato Grosso

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

ANALISE DA CONCEPÇÃO E COMPORTAMENTO DO SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM OPERAÇÃO NA UFMT, CAMPUS
CUIABÁ

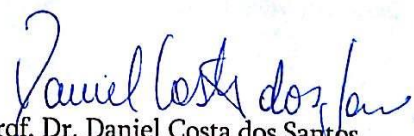
Juliana Gervasio Nunes

Dissertação aprovada em 13 de maio de 2016.

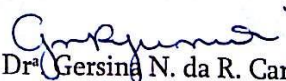

Prof. Dr. Bismarck Castillo Carvalho
COORDENADOR DO PPGEEA

Banca Examinadora:


Prof. Dr.^a Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima
(Presidente e Orientador)
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal de Mato Grosso


Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos
Departamento de Hidráulica e Saneamento.
Universidade Federal do Paraná


Prof. Dr. Eduardo Beraldo de Moraes
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal de Mato Grosso


Prof.^a Dr.^a Gersina N. da R. Carmo Júnior
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal de Mato Grosso

*A minha família, em especial aos meus filhos
Angelo Gervasio Nunes e Gustavo Gervasio
Nunes, por fazerem deste um objetivo pelo qual
valeu a pena lutar.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar coragem e força quando pensei em desistir.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental da Universidade Federal do Mato Grosso pela oportunidade.

Aos professores do PPGEEA pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso, campus Sorriso, pela concessão de horário especial de estudos.

A Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima pela orientação, motivação e contribuição a este trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos, Prof. Dr. Eduardo Beraldo de Moraes e Prof^a Dra. Gersina Nobre da Rocha Carmo Júnior, pela disponibilidade e fundamental aporte neste trabalho.

Ao Laboratório de Análises Físico-Químicas de Água e Resíduos (LAFQAR) e ao Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental (LAMSA).

A Amanda Finger, Daniel dos Santos Filho, Eduardo Beraldo de Moraes, Luana Mênithen S. Silva Santos e Márcio de Jesus Mecca pelo ensinamento e suporte nas análises de qualidade da água.

A minha família, sobretudo aos meus pais Eduardo Gervasio e Cleusa B. Gervasio por toda ajuda, preocupação, incentivo, compreensão e companheirismo.

A família Nunes, em especial a Joana Correa Nunes, pelo carinho e cuidado dedicado ao meu filho quando precisei.

Aos meus filhos Angelo Gervasio Nunes e Gustavo Gervasio Nunes por serem fonte de inspiração e por renovarem minhas energias quando me vi desanimada.

A José Álvaro da Silva pela colaboração com esta pesquisa.

A Ariane Zambon Miranda, Denise Pontes Duarte, Graziela Esteves Magalhães, Jocely Rosanna da Silva Nogueira, Larissa Mendes Medeiros, Ruthy Meyre Costa Fonceca, e Michelle Borges pelas risadas, pela cooperação, apoio, troca de conhecimentos e, sobretudo pela amizade (o que seria de mim sem o grupo de apoio!! rsrs).

Aos meus alunos que ao se espelharem em mim não me deixaram outra alternativa senão seguir em frente.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria
menor se lhe faltasse uma gota”.*
(Madre Teresa de Calcutá).

RESUMO

A problemática da escassez hídrica exige que medidas de conservação dos recursos hídricos sejam mais e melhor implementadas, de maneira que promovam a sustentabilidade do ambiente em que se inserem. Nesse contexto as Instituições de ensino superior (IES) tem papel fundamental, devendo servir como exemplo de responsabilidade com o meio ambiente. Em busca de assumir essa responsabilidade e de promover e potencializar o desenvolvimento sustentável, a Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* Cuiabá, procura estabelecer e diagnosticar iniciativas sustentáveis para conservação e racionalização da água. Dentre os pontos a serem diagnosticados está o comportamento do sistema piloto de uso de águas pluviais na Faculdade de Economia (FE). O sistema é composto por cobertura de fibro cimento, calhas metálicas, condutores verticais em PVC, reservatório inferior com volume de 20m³, recalque automatizado, e dois reservatórios de 3m³ (um de água de chuva e um de água potável) para o abastecimento de bacias sanitárias. Sendo assim, este trabalho visa analisar o comportamento desse sistema por meio de indicadores de desempenho, a partir da definição do potencial aproveitável de chuva, do monitoramento do consumo de água no prédio da FE e da avaliação da qualidade dessa água no reservatório no Faculdade de Economia para fins não potáveis. Para isso, foram realizadas análises de pH, turbidez, cor, condutividade elétrica, DBO, DQO, dureza, sólidos totais e solúveis, coliformes totais e *Escherichia coli*, além da leitura de dados dos hidrômetros de água potável, e do hidrômetro de água da chuva. O potencial de aproveitamento de água de chuva foi determinado com base nos índices pluviométricos de Cuiabá - MT seguindo o recomendado pela NBR -15.527/2007. Dessa forma, a análise dos índices pluviométricos revelou uma grande concentração do volume precipitado em um único trimestre do ano (67,6% em 2015), e um trimestre seco com um intervalo de até 31 dias sem chuva. Através do monitoramento do consumo de água constatou-se que o sistema atende a 21% do total consumido no prédio da FE sendo 62% do volume consumido apenas nas bacias sanitárias. A análise das variáveis físico-químicas e microbiológicas indicou um comprometimento da qualidade da água sobretudo quanto as variáveis que se associam a presença de sólidos e impurezas oriundas da lavagem do telhado como resultado da não observância de alguns aspectos recomendados pela NBR 15527/2007. O retorno do investimento ocorre em um período de mais de 23 anos. A avaliação dos resultados forneceu subsídio a proposições que contribuam com a elaboração das metas do Plano de Água da UFMT.

Palavras-chave: Sustentabilidade; conservação de água; Indicadores de desempenho

ABSTRACT

The scarcity water's problem requires conservation measures of water resource are more and better implemented, in order to promote the sustainability of the environment in which they operate. Within this context the higher education institutions (IES) has a fundamental role and should be like an example of responsibility about the environment. Seeking to assume this responsibility and to promote and boost sustainable development, the Federal University of Mato Grosso, Cuiabá's campus, aims to establish and diagnose sustainable initiatives for conservation and rationalization of water. Among the points to be diagnosed is the pilot system behavior using rain waters in the Faculty of Economics (FE). The system consists of asbestos cement roof, metal chutes, vertical conductors PVC, lower reservoir with a volume of 20m³ automated discharge, and two reservoirs 3.m³ (one to rainwater and other to drinking water) to supply the toilets. Thus, this study aims to analyze the behavior of this system through performance indicators, from the definition of usable potential of rain, the monitoring of water consumption in the FE building and rating the water quality in the reservoir at the Faculty of Economics for non-potable purposes. In this intention, were performed about pH, turbidity, color, conductivity, BOD, COD, hardness, solids and soluble toais, total coliforms and Escherichia coli, as well as data collection from hydrometers of drinking water, and rainwater hydrometer to supply toilets installed in the building. The rainwater potential of use was determined based on rainfall of Cuiaba - MT following the recommended by NBR - 15.527/2007. Thus, the analysis of rainfall revealed a high concentration of the precipitate volume in a single quarter (67.6% in 2015), and a dry quarter with an interval of up to 31 days without rain. By monitoring the water consumption observed that the system serves 21% of total consumption in the FE building and 62% of the consumed only in toilets. The analysis of physical-chemical and microbiological variables indicated a quality commitment, especially about the variables that are associated with the presence of solids and impurities originating from roof washing, as a result of non-compliance with some aspects recommended by NBR 15527/2007. The return on investment occurs in a period over 23 years. Evaluation of results subsidized propositions that contribute to the development of goals to UFMT's Water Plan

Keywords: Sustainability; Water conservation; Performance indicators

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Valores médios do Índice de Qualidade de Água em 2012	30
Figura 2 - Consumo de água em prédios	36
Figura 3 - Precipitação anual no Brasil-média de 1961 a 2007.....	38
Figura 4 - Variação sazonal histórica no Brasil - média de 1961 a 2007	39
Figura 5 - Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 6 - Localização da UFMT	60
Figura 7 - Localização do sistema de aproveitamento de águas pluviais da FE	61
Figura 8 - Cobertura do prédio da FE que intercepta a água da chuva.....	62
Figura 9 - Planta de cobertura da FE	62
Figura 10 - Reservatório inferior do Sistema de aproveitamento de Água de Chuva da FE....	63
Figura 11 - Planta baixa da FE com a localização do reservatório inferior.....	63
Figura 12 - Visão geral do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na FE.....	64
Figura 13 - Configuração das Instalações hidráulicas a partir dos reservatórios superiores do Sistema de aproveitamento de água de chuva da FE	65
Figura 14 - Sistema de reservação superior de água potável e pluvial da FE	66
Figura 15 - Isométrica das instalações hidráulicas de água pluvial e potável na FE.....	66
Figura 16 - Localização dos hidrômetros na FE.....	70
Figura 17 - Frascos utilizados para a coleta da água de chuva.....	72
Figura 18 - Precipitação acumulada (mm) no período de pesquisa para a estação Cuiabá (83361).....	74
Figura 19 - Comparação das médias mensais de precipitação (mm) dos últimos cinco anos para a estação Cuiabá (83361).....	75
Figura 20 - Comparação das médias mensais de precipitação (mm) da série histórica e dos últimos onze anos para a estação Cuiabá (83361).	76
Figura 21 - Número máximo de dias sem chuva.	81
Figura 22 - Valores de consumo e Volume Aproveitável de Água de Chuva - VAP por intervalo de medição por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE.	85
Figura 23 - Distribuição do consumo de água no prédio da FE no período de 11/12/2014 à 27/07/2015.....	86
Figura 24 - Valores de sólidos totais e dissolvidos por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE	88

Figura 25 - Valores de pH por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE....	88
Figura 26 - Valores de condutividade médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE	89
Figura 27 - Valores de dureza médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE.....	89
Figura 28 - Valores de cor médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE.....	90
Figura 29 - Valores de turbidez médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE.....	91
Figura 30 - Valores de Coliformes totais médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE	92
Figura 31 - Valores pagos pelo consumo de água potável na UFMT campus Cuiabá de 2009 a 2015	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de C para alguns tipos de telhado	51
Tabela 2 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	58
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água da chuva e seus métodos de determinação	71
Tabela 4 - Comparação das médias mensais e anual de precipitação (mm) da série histórica estudada e dos últimos onze anos de precipitação para a estação Cuiabá (83361).	74
Tabela 5 - Número e dias sem chuva no período amostral de 2010-2015.....	77
Tabela 6 - Volume potencial médio aproveitável de precipitação para o prédio da FE.....	78
Tabela 7- Demanda por água em usos não potáveis estimada para a FE	78
Tabela 8 - Aplicação do método Azevedo Neto par o SAAC da FE.....	79
Tabela 9 - Resultados da aplicação do método de Rippl para o SAAC da FE.	80
Tabela 10 - Resultados da aplicação do método de Rippl para o SAAC da FE.	82
Tabela 11 - Consumo de água registrado por período nos hidrômetros instalados na FE.	84
Tabela 12- Comparação entre os valores de qualidade da água de chuva encontrados nesta e em outras pesquisas	93
Tabela 13 - Valores das variáveis analisadas e parâmetro de diretrizes brasileiras.	93
Tabela 14 - Economia gerada pelo sistema de aproveitamento de água de acordo com a faixa de consumo para o prédio da FE em 2015.....	95
Tabela 15 - Valores pagos pelo consumo de água potável na UFMT campus Cuiabá em 2014 e 2015	96

LISTA DE SIGLAS

AAC	Aproveitamento de água de chuva
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANA	Agência Nacional de Águas
ANUIES	Associação Nacional de Universidades e Instituições de Ensino Superior
APHA	American Public Health Association
BA	Bahia
C	Coeficiente de Escoamento Superficial
CD	Conselho Diretor
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Coliformes Totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DMA	Diretoria de Meio Ambiente
DW	Sistemas Unicamente Abastecido por Água Potável
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EA	Educação Ambiental
EC	<i>Escherichia coli</i>
FAO	Food and Agriculture Organization - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FURB	Universidade Regional de Blumenau
IC	Indicador de Consumo de Água
IE	Indicador Econômico
IQ	Indicador de Qualidade da Água da Chuva
IQA	Índice de Qualidade da Água
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MPOG	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
NBR	Norma Brasileira
PB	Paraíba
PR	Paraná
NMP/100 ml	Número mais provável por 100 mililitros

PROAD	Pró Reitoria Administrativa
PROPLAN	Pró Reitoria de Planejamento
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PVC	Poli Cloreto de Vinila
RAC	Abastecimento com Água de Chuva
RIAC	Reservatório Inferior de Água de Chuva
RIAT	Reservatório Inferior de Água Tratada
RS	Rio Grande do Sul
SAAC	Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva
SDT	Sólido Dissolvido Total
SindusCon - SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
ST	Sólido Total
STLI	Secretária de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFFS	Universidade da Fronteira do Sul
UFG	Universidade Federal de Goiás
Ufla	Universidade Federal de Lavras
UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UNIFAL	Universidade de Alfenas
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
UNEP	United Nations Environment Programme
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USEPA	United States Environmental Protection Agency – Agência de Proteção Ambiental Americana
VPA	Volume de Chuva Aproveitável
VPL	Valor Presente Líquido
WHO	World Health Organization – Organização Mundial da Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVO GERAL	19
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
2.1	SUSTENTABILIDADE NAS IES	20
2.1.1	Iniciativas praticadas pelas IES	22
2.1.2	Problemas para a implementação de efetiva sustentabilidade nas IES	25
2.2	SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS E O ESTRESSE HÍDRICO ..	27
2.2.1	Distribuição, disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos	28
2.2.2	Instrumentos legais	31
2.2.3	Conservação e uso racional de água	33
2.2.4	Precipitação	37
2.3	APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	40
2.3.1	Aproveitamento de água de chuva: Legislação e normalização.	44
2.3.2	Sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações	46
2.3.3	Área de captação	50
2.3.4	Dispositivos de recolha e descarte de águas pluviais	51
2.3.5	Sistema de reservação de águas pluviais	52
2.3.6	Qualidade da água de chuva	54
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	59
2.4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	59
2.4.1	Sistema de captação de água de chuva	61
2.5	AVALIAÇÃO DA CONCEPÇÃO E COMPORTAMENTO DO SISTEMA	67
2.5.1	Análise dos índices pluviométricos	67
2.5.2	Determinação do volume aproveitável de água de chuva.....	67
2.5.3	Aplicação do Método Azevedo Neto	68
2.5.4	Aplicação do Método de Rippl	69
2.5.5	Aplicação do Método dos Dias Sem Chuva.....	69
2.5.6	Levantamento do indicador de consumo de água	70
2.5.7	Levantamento da demanda não potável da FE	70
2.5.8	Levantamento do indicador de qualidade da água pluvial	71
2.5.9	Levantamento dos indicadores econômicos.	72
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73

2.6	ANÁLISE DA CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CHUVA - SAAC.....	73
2.6.1	Caracterização dos índices pluviométricos	73
2.6.2	Determinação do volume de chuva aproveitável (VAP).....	77
2.6.3	Quantificação da demanda por água não potável.....	78
2.6.4	Aplicação do método Azevedo Neto.....	79
2.6.5	Aplicação do método de Rippl	80
2.6.6	Aplicação do Método dos Dias Sem Chuva.....	81
2.7	ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DO SAAC.....	82
2.7.1	Indicador de consumo de água (IC)	83
2.7.2	Indicadores de qualidade da água de chuva (IQ).....	87
2.7.3	Indicadores econômicos (IE)	95
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
	REFERÊNCIAS.....	100

1 INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é uma problemática eminente nos dias atuais e tem impactado os mananciais que suprem os sistemas de abastecimento das cidades. A sustentabilidade desses sistemas, passa pela compreensão da complexa relação existente entre as questões técnicas, econômicas, sociais, culturais e ambientais. Nesse contexto o World Water Assessment Programme-WWAP, estima que até o ano de 2025 mais de 3 bilhões de pessoas viverão em países onde os recursos hídricos estarão sob grande pressão.

A água é um recurso natural renovável, essencial à vida e ao equilíbrio ecológico de todos os ecossistemas. No entanto, esse recurso é finito, e com a maior parte da população vivendo em perímetros urbanos, garantir água em qualidade e quantidade é um desafio.

O aumento das populações humanas e a expansão das atividades agrícolas e industriais, são grandes responsáveis pela falta de água nas torneiras, mas, além disso, concordando com Whately e Hercowitz (2008), o consumo irresponsável e a poluição dos mananciais, também estão entre as principais causas dessa escassez.

O resultado desse, e de outros cenários, gera um debate em torno dos impactos ambientais e do comprometimento da qualidade de vida na Terra e o tema sustentabilidade chegou ao topo das prioridades nas discussões de diversos âmbitos. Assim, as Instituições de Ensino Superior (IES) têm papel fundamental para esta priorização, uma vez que sua atuação, e significativa produção científica, lhes conferem expectativas quanto às posturas que adotam.

As IES devem ser modelo de comprometimento com o meio ambiente, uma vez que se comparam a pequenos núcleos urbanos que integram atividades de ensino, pesquisa, extensão e outras atividades indiretamente envolvidas, além de demandar infraestrutura básica, redes de abastecimento de água e energia, redes de saneamento e coleta de águas pluviais e vias de acesso (TAUCHEN e BRANDLI, 2006).

Efetivar práticas sustentáveis é obrigatório à Administração Pública Federal Direta, Autárquica, Fundacional e nas Empresas Estatais Dependentes, e devem ser descritas em um Plano de Logística Sustentável (PLS), segundo as regras da Instrução Normativa SLTI/MPOG (Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão) nº10, de 12 de novembro de 2012 (IN 10/2012). A IN nº 10/2012 é uma ferramenta de planejamento com objetivos e responsabilidades definidas que permitirá à Universidade estabelecer práticas de sustentabilidade e otimização e racionalização de gastos e processos.

Dentre os temas abordados nessa Normativa destaca-se no Artigo 8º práticas de sustentabilidade e racionalização da água. Diante dos episódios de crise no abastecimento de água e da importância da discussão acerca da atuação e responsabilidades das IES, com seu papel no desenvolvimento com sustentabilidade, a discussão ainda se faz presente provocando diversas interrogações: A universidade está preparada para atender as expectativas da população em relação à sua atuação? Quais as dificuldades encontradas para pôr em prática uma gestão interna dos recursos hídricos? Como garantir que o que se ensina e se pratica na universidade se estenda além dos seus limites físicos e contribua para a sociedade?

Questões como estas implicam na realização de um minucioso trabalho de diagnóstico que contribua na implementação de medidas sustentáveis e exemplares. O levantamento dessas informações reforça e ajuda a compreender a importância da gestão da sustentabilidade nas universidades, e fornece subsídios para extrapolação, através de analogias, de boas iniciativas acerca da efetivação da sustentabilidade, além de identificar problemas e dificuldades a serem superados pelas IES.

A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) está em constante processo de mudança e expansão; novos cursos vão sendo criados e com isso aumenta o número de alunos, professores, corpo administrativo e também de novas edificações. Este quadro mostra que a demanda por água no campus aumenta e os novos prédios nem sempre atendem requisitos de sustentabilidade. Além disso os alunos, não só não trazem uma cultura de consumo racional de água, como também não a encontram enraizada na universidade.

Neste cenário a UFMT desenvolve seu PLS, buscando diagnosticar aspectos estruturais do campus, atividades e processos desenvolvidos, além de levantar práticas de sustentabilidade já efetivadas.

As iniciativas já encaminhadas nessa conjuntura incluem o trabalho de dissertação de Silva (2015), que diagnosticou o sistema de abastecimento de água do campus Cuiabá UFMT em Cuiabá para permitir a definição de um novo projeto com base no conceito de uso racional de água, utilizando ações tecnológicas e medidas de conservação. O diagnóstico culminou no inventário das peças hidrosanitárias do campus, na identificação de desperdícios, na determinação do consumo per capita (60,72 l/hab.dia), e no levantamento da capacidade de reserva instalada de 1.988,20 m³ de água.

Dentre os pontos a serem diagnosticados neste trabalho está o sistema piloto de uso de águas pluviais existente na Faculdade de Economia - FE. A partir da análise desse sistema é possível avaliar a viabilidade técnica, econômica e social de se utilizar água de chuva como fonte alternativa para atender à Faculdade. Para isso, alguns questionamentos nortearam o

desenvolvimento deste estudo, tais como: As condições climáticas se mostram viáveis? O sistema funciona adequadamente a ponto de ser replicado em outras instalações do campus? É possível propor novos usos para esse recurso? A quantidade de água de chuva utilizada representa uma economia significativa?

As respostas a essas perguntas podem ser obtidas por meio da utilização de Indicadores que possam sintetizar as condições ambientais do consumo e da qualidade da água, permitindo avaliar, comparativamente, o desempenho do sistema. Assim, o sistema já implantado de aproveitamento de águas de chuva na UFMT deve ser estudado bem como deve ser avaliada a possibilidade de reprodução do mesmo, corrigindo falhas e melhorando sua eficiência.

Deste modo, a partir desta análise qualitativa e quantitativa do sistema é possível contribuir com a gestão da sustentabilidade na UFMT, em prol de um ambiente que sirva de laboratório para alternativas aos problemas de falta de água no campus e em outras atividades.

Sendo assim, esta pesquisa analisou o comportamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais em operação da Faculdade de Economia do campus Cuiabá por meio de indicadores de desempenho, a partir da definição do potencial aproveitável de chuva para fins não potáveis, do monitoramento do consumo de água no prédio da FE e da avaliação da qualidade dessa água no reservatório

1.1 OBJETIVO GERAL

Estudar o comportamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais em operação da Faculdade de Economia do campus Cuiabá (FE) por meio de indicadores ambientais e de desempenho para avaliar a viabilidade técnica e econômica do sistema.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a concepção do sistema conforme recomendações da NBR - 15527/2007;
- Analisar os índices pluviométricos de Cuiabá-MT
- Definir o volume de chuva aproveitável para o prédio da FE e o volume hipotético do reservatório conforme recomenda a NBR- 15527/2007;
- Avaliar o desempenho do sistema a partir do seu funcionamento determinando indicadores de qualidade da água, de consumo, e econômico;
- Analisar a qualidade da água pluvial do reservatório da FE;
- Contribuir com a implantação Plano de Logística Sustentável da UFMT;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo visa elencar as evidências já levantadas pelos autores pesquisados a respeito da sustentabilidade nas IES nacionais e internacionais, do conflito entre disponibilidade e demanda por água, e do aproveitamento de águas pluviais como solução coadjuvante ao combate à escassez dos recursos hídricos.

2.1 SUSTENTABILIDADE NAS IES

O modelo econômico global de alta competitividade torna a sociedade obrigada a incorporar conhecimento e tecnologia, o que a leva a depender das funções básicas e clássicas da universidade.

Apesar disso, a sociedade mais aberta e competitiva, envolvida em redes globais de comunicação, alta expansão do conhecimento e novas formas de trabalho e relacionamentos, questiona o papel das universidades e o modelo de ensino, mas a observação de como essas mudanças da sociedade se processam e se adaptam, de forma qualitativa ao ensino, é a grande questão a ser discutida (GAION, 2014).

Os anos 90 são tratados por diversos autores como um marco que retrata as mudanças nas IES quanto ao desenvolvimento sustentável. A universidade, a partir de então, saiu da estagnação partindo para o envolvimento no diagnóstico e solução dos problemas da sociedade, e para a elaboração e aplicação de iniciativas em favor do meio ambiente dentro de seus limites físicos.

Nesta perspectiva González-Hernández (2013), afim de estabelecer a relação entre as necessidades, os agentes de desenvolvimento e a universidade para buscar um desenvolvimento que implemente estudos práticos, assinala que o processo de transferência de conhecimento entre universidade e sociedade enriquece tanto o setor produtivo, pois favorece a inovação e aumenta sua competitividade, a universidade, ao valorizar a pesquisa dotando-a de uma aplicação prática e, sobretudo, a sociedade, que se desenvolverá com garantia de bem estar.

Ao que se pode verificar a evolução da sustentabilidade se desenvolveu em meio a um paradigma, onde a produção de conhecimento técnico e científico devem se unir a capacidade de prestar serviços de suporte técnico para si própria e para a comunidade.

Na visão de Moritz et al. (2011), a universidade atua em um complexo contexto que precisa estabelecer interfaces com a desafiadora sociedade contemporânea, a fim de capturar

seus anseios. Todavia, faz-se necessário flexibilidade e adaptabilidade nas atividades de ensino, de pesquisa e de extensão que a universidade desenvolve.

Uma forma de contribuir para que surjam programas de desenvolvimento sustentável nos locais onde as IES se inserem de acordo com González-Hernández (2013) é investir o tempo e conhecimento dos professores, alunos e demais pesquisadores em propostas e projetos, que concretamente promovam o desenvolver destas regiões.

Diante deste novo paradigma tecnoeconomico Mercado (2005), colocou o tema ambiental como “coluna vertebral” do desenvolvimento de diversas áreas de conhecimento (ciências básicas, tecnológicas e humanas), e afirmou que investigações sobre o tema têm um caráter marcadamente transdisciplinar que gera e integra conhecimento no mundo contemporâneo.

Isso permite a convergência e colaboração entre as ciências, na produção do conhecimento e no seu desenvolvimento, e possibilita aos pesquisadores, agências de financiamento, grupos e usuários, manter uma postura interdisciplinar ao longo do ciclo de pesquisa, mesmo que o sistema não esteja organizado da mesma forma (MERCADO, 2005).

Além da interdisciplinaridade, a abordagem da educação ambiental deve ser transdisciplinar com base em documento e legislações associadas ao desenvolvimento sustentável (Barbieri e Silva, 2011).

Em se tratando de tradição, a educação ambiental (EA), pela lei brasileira 9.795 de abril de 1999, é “um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal” (BRASIL, 1999). No entanto, há uma necessidade de inter-relacionar o tema e a tratar a EA como uma disciplina isolada é uma opção que deve ser estudada em cada caso, o que não impede a inter-relação do tema em outros conteúdos.

Contudo, é importante ressaltar que todas as iniciativas voltadas a temática ambiental contribuem de alguma maneira. Dagiliūtė e Liobikienė (2015), avaliaram as contribuições de sustentabilidade da Universidade Vytautas Magnus na Lituânia. A pesquisa deles revelou que os alunos que participaram do curso Science World, obrigatório, aumentaram a disposição de se responsabilizar pela solução dos problemas ambientais. Além deste, o curso Environmental Science promoveu nos participantes uma maior preocupação com o ambiente.

Assim é possível dizer que diferentes abordagens são complementares, e em conjunto as iniciativas podem alcançar um propósito maior.

Em outra vertente da sustentabilidade, Tauchen e Bramdli (2006) dividem o papel das IES quanto a se desenvolver sustentavelmente em duas correntes. A primeira, voltada à

educação como fundamento que contribui na qualificação de seus egressos, para que estes incluam em suas práticas profissionais a preocupação com aspectos ambientais. A segunda corrente destaca a adoção pelas IES de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) em seus *campi* universitários, como modelos e exemplos práticos de gestão sustentável para a sociedade.

Por fim, não menos importante, a sustentabilidade gera marketing positivo que se estende as Universidades. Na Lituânia por exemplo, segundo Dagiliūtė e Liobikienė (2015), mesmo com fraca valorização da sustentabilidade no país e com constantes reformas do ensino superior, a universidade tem se envolvido cada vez mais com a sustentabilidade, forçadamente, devido ao aumento da concorrência a nível nacional e internacional. Ou seja, a sustentabilidade também é tratada como diferencial atrativo.

2.1.1 Iniciativas praticadas pelas IES

Em busca de assumir a responsabilidade de promover e potencializar o desenvolvimento sustentável, as IES têm ações de gestão ambiental para atender a legislação quanto aos impactos que geram, bem como para servir de espaço para aprendizagem e efetivação de estratégias sustentáveis para alunos, docentes e administração.

As IES, num contexto geral, se responsabilizam pela capacitação dos envolvidos com desenvolvimento sustentado, uma vez que o capital humano é muito exigido, no entanto é consenso entre os autores pesquisados, que elas devem pôr em prática o que pregam. Uma forma de sair do campo teórico para a prática, segundo Tauchen e Bramdli (2006), é combater os impactos ambientais gerados, servindo de exemplo no cumprimento da legislação.

Praticar a sustentabilidade não é uma tarefa fácil e para isso as IES devem criar meios, buscar formas alternativas que ajudem a implementar ações de sustentabilidade em seus *campi* reduzindo a dependência da existência de apoios externos.

A exemplo de aproveitar os recursos disponíveis, com o objetivo de verificar a abordagem das diretrizes e parâmetros de planejamento e projeto sustentável de *campi* universitários, Gaion, (2014), citou o surgimento, em virtude das políticas e ações ligadas a sustentabilidade envolvendo as IES, dos *Greencampi* (campis sustentáveis) na Europa, Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos. Pela ampla difusão deste conceito nas universidades americanas, estas estabeleceram o *GreenOffice* que administram práticas sustentáveis como: Manutenção; Economia de energia; Redução de consumo de água; Reciclagem dos resíduos sólidos; Hortas orgânicas; e Tratamento de efluentes.

Outra tendência na Europa é o projeto *Ecocampus*, onde há um SGA voltado para as IES, que permite que estas instituições avaliem, gerenciem e melhorem o seu desempenho em práticas ambientais (GAION 2014).

Convergindo a esse pensamento, Tauchen e Bramdli (2006), observaram que as universidades localizadas no Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Portugal, Alemanha, Espanha, França e Nova Zelândia, desenvolvem na maioria dos casos (22%) o controle do consumo e reuso da água, e o programa de reciclagem-gestão de resíduos, em seguida (19% dos casos) o treinamento e sensibilização dos alunos. A auditoria ambiental e o diagnóstico dos impactos diretos ou significativos para o ambiente também são aspectos bem abordados (16% dos casos).

Entretanto, esses autores constataram que as ações são pontuais e isoladas e realizadas pós implementação e funcionamento da IES, mas que mesmo assim facilitam “as ações de formação do pessoal, a distribuição de responsabilidades do programa de gestão ambiental e o monitoramento e controle dos indicadores de gestão para o SGA”.

No Brasil, destaca-se a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), que conseguiu, através do projeto Verde Campus, que visa à preservação, à melhoria e à recuperação da qualidade ambiental, ser a primeira universidade da América Latina a ser certificada conforme a ISO 14001.

Além da UNISINOS, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade Regional de Blumenau (FURB) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), desempenham ações ambientais de programas para implantar e implementar seus Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). Os benefícios do SGA nas IES vão desde a conformidade legal e redução de consumo e risco, até a melhoria da produtividade (TAUCHEN E BRAMDLI, 2006).

A experiência realizada na Universidade Federal da Bahia, através do programa de economia de água - AGUAPURA desenvolvido pelo grupo de pesquisa em tecnologias limpas (TECLIM), promoveu a racionalização do uso da água. Com uma condução de forma descentralizada o programa conseguiu satisfatoriamente reduzir, de 1999 a 2008, o consumo de água per capita na universidade pela metade, promover a participação de estudantes de diferentes cursos e fomentar a implementação de variados projetos de cooperação entre a universidade e os parceiros públicos e privados também com a participação dos alunos, além de diminuir os custos da universidade (MARINHO, 2013).

A Universidade Federal de Lavras (Ufla), em seu Plano Ambiental aborda conceitos de sustentabilidade e apresenta ações ambientais que pratica. Dentre as ações estão: Implantação de Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos, tratamento dos resíduos sólidos,

saneamento básico, estação de tratamento de esgoto, construções ecologicamente corretas, proteção de nascentes e matas ciliares, prevenção e controle de incêndios, prevenção de endemias e gestão de energia. Por envolverem ações complexas de planejamento e de infraestrutura da Ufla foi criada a Diretoria de Meio Ambiente (DMA), e vinculada à Superintendência de Planejamento da Proplag (MAGRIOTIS, 2014).

A Universidade Federal de Goiás (UFG) também desempenha práticas sustentáveis. Em seu Plano de Logística Sustentável, o anexo de atividades já adotadas inclui levantamento e controle precisos do consumo de energia; elaboração de editais para contratação de materiais de consumo, permanentes e serviços que exigem como requisitos classificatórios e/ou habilitatórios os critérios de sustentabilidade ambiental; utilização de equipamentos e peças que reduzem o consumo de água e geração de esgoto, plano de gerenciamento de resíduos, em especial os químicos; coleta seletiva; otimização dos serviços para deslocamento pessoal; e educação ambiental (SILVEIRA E GODOY, 2013).

Redução do consumo de energia, uso de equipamentos de infraestrutura com elevadas eficiências, o uso de poços artesianos e coleta de água da chuva, monitoramento do consumo de energia elétrica, controle dos gastos com o sistema de esgotos, gerenciamento de resíduos, manutenção do Programa de Treinamento dos funcionários da empresa de limpeza concessionária, incentivo à ampliação do programa de implantação da coleta seletiva, criação do Projeto Espaço Alternativo, para melhorar a qualidade de vida dos servidores, e capacitação de profissionais na temática ambiental, são todas iniciativas são realizadas pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) (UFSM, 2013).

Além das já citadas, as universidades federais do Tocantins (UFT), do Ceará (UFC), da Fronteira do Sul (UFFS), de Alfenas (UNIFAL) também desempenham boas práticas de sustentabilidade, nos moldes das universidades citadas anteriormente, e as descrevem em seus Planos de Logística Sustentável, atendendo a IN 10/2012.

Para que se tenha um PLS, segundo as regras da IN nº10/2012, se faz necessário um diagnóstico preciso de toda a estrutura, atividades e processos desenvolvidos no campus universitário, além de se medir o comprometimento e compreensão da comunidade acadêmica, quanto os aspectos ambientais. Nesse caminho a UFMT dá seus passos preliminares.

A Resolução do Conselho Diretor da Universidade Federal de Mato Grosso, CD nº 05/11, que dispõe sobre as normas de uso do espaço físico dos campi e dá outras providências (UFMT, 2011) e institui seu Plano Diretor, prevê, com base na IN 10/2012, que os projetos de construções a serem implementados no campus sigam padrões de sustentabilidade e dentre as diretrizes está a racionalização do uso de energia e água.

Além das metas para aquisições sustentáveis o PLS da UFMT estabeleceu metas para o abastecimento de água que incluem elaborar o Plano de água e realizar obras no Sistema de água do Campus. Nesse aspecto o primeiro passo já foi dado com o diagnóstico do sistema de abastecimento de água e o inventário das peças hidro sanitárias das unidades e blocos do campus Cuiabá da UFMT. Quanto ao esgotamento sanitário o PLS prevê a elaboração do Plano de Esgoto e Otimização da ETE existente afim de atender as legislações ambientais vigentes e quanto aos Resíduos Sólidos a meta é Elaborar o Plano de Resíduo Solido, coletar e destinar os resíduos produzidos de forma adequada, e efetivar a coleta seletiva.

2.1.2 Problemas para a implementação de efetiva sustentabilidade nas IES

Muitos são os desafios enfrentados pelas IES em busca de um desenvolvimento que vise a qualidade dos seus processos, de maneira inovadora e onde a gestão considere a sustentabilidade interna e externa aos seus limites.

As universidades e centros de investigação ainda precisam se esforçar em formar novas culturas acadêmicas, e desenvolver novas ideias para que possam atender as demandas de conhecimento atuais que envolvem os problemas ambientais (MERCADO, 2005).

Inclusive, o destaque conferido à universidade na busca pela sustentabilidade como solução de problemas internos e socioeconômicos, esbarra em carências estruturais e administrativas que comprometem o desempenho da mesma e a concretização de um ambiente mais sustentável. Até mesmo a extensão da educação ambiental para a sociedade é uma tarefa que necessita revisão para se tornar efetiva.

Extravasar a EA para fora das instalações escolares, aos olhares de Barbieri e Silva (2011), de modo a considerar o meio ambiente em suas múltiplas dimensões exige que os docentes sejam capazes de tratar as questões ambientais inter-relacionadas com os temas das disciplinas que ministram, o que implica em uma formação em EA, justificando a disciplina específica de EA em cursos de pós-graduação. Esse é um lento processo e para atender a urgência das questões ambientais.

Na Venezuela um problema evidenciado por Mercado (2005), é a fraca interação entre os diferentes níveis de pós-graduação, causada pela compartimentalização e a falta de cooperação entre as áreas sejam elas diferentes ou não, o que compromete a promoção da pesquisa e a formação de profissionais nas áreas ambientais. Além destes problemas, nos níveis

de mestrado e doutorado há ainda um crescente número de professores externos, o que resulta em pouca pesquisa.

Gutiérrez Barba e Rodriguez (2010), em sua revisão, sugerem o individualismo, que isolam as disciplinas, e a falta de cooperação entre campos científicos, como um dos entraves, na solução de problemas mais complexos envolvidos no desenvolvimento sustentável.

Independentemente do nível, o isolamento de iniciativas ainda é praticado mesmo em instituições solidificadas nacional e internacionalmente. Esse problema para Tauchen e Bramdli (2006), leva a uma preocupação com o desenvolvimento sustentável que vai do ensino às práticas de funcionamento ambientalmente corretas.

Outro problema citado por Tauchen e Bramdli (2006), é o exemplo da Escola de Engenharia da UFRGS, onde um grupo formado por estudantes do curso de Engenharia de Materiais planejou um sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU). Com o apoio da unidade, este grupo implementou o GRSU em 2004, contudo, com o afastamento gradual dos estudantes que o iniciaram, associado à falta de envolvimento da alta administração, houve a desestruturação do projeto.

A continuidade dos trabalhos também é um problema citado por Marinho (2013). Esses autores relatam o caso do programa AGUAPURA, onde os desenvolvedores do programa se encontram sobrecarregados desempenhando diversas funções, o que impede a incorporação total dos objetivos do projeto à rotina administrativa e operacional da Universidade. O apoio ao projeto se limita a salas de aula, pesquisa e palestras, já que, quanto a temática ambiental não existe integração entre as prioridades da universidade e práticas operacionais.

Uma iniciativa testada na Universidade de Campus Bordeaux, é descrita por Bonnet et al. (2002) apud Marinho et al (2013). Esta iniciativa diz respeito à aplicação de um método para auditar o consumo de água e energia em IES, que inclui a autorização da alta direção, uso de habilidades internas envolvendo alunos e considerando as áreas de pesquisa e fluxos contabilizados no campus. A dificuldade enfrentada neste caso se deu pela diversidade de atividades realizadas nos edifícios. Ou seja, além das dificuldades já descritas, a própria falta de padronização das edificações nas Universidades dificulta a implementação de ações de cunho sustentável, uma vez que exige mais empenho diante de tantas particularidades.

Boa parte desses problemas resultam da ausência de uma política ambiental nas IES, ou da falta de implementação da mesma e de um gerenciamento das questões ambientais aos moldes da metodologia PDCA, que promove a definição de responsabilidades, a avaliação crítica e uma melhoria continua dos processos e serviços.

Assim as ações de sustentabilidade são restritas no Brasil. Um ambiente institucional de importante mudanças poderia trazer a circunstância adequada para induzir práticas de sustentabilidade na universidade, mas os novos compromissos e exigências sobre as instâncias administrativas e acadêmicas “esmagam” essa possibilidade (MARINHO, 2013).

2.2 SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS E O ESTRESSE HÍDRICO

As discussões sobre sustentabilidade têm direcionado olhares à importância da água e a vulnerabilidade da sociedade diante do estresse hídrico. Já é possível perceber situações onde falta água para todos os usos. O estresse hídrico, segundo a Agência das Águas - ANA (2015), resulta da extração excessiva das águas de superfície e subterrâneas, da poluição dos recursos de água doce e da falta de eficiência no seu uso.

Em 2008, Whately e Hercowiz relatavam que 1 bilhão de pessoas não tinha acesso à água potável, e que nos próximos 25 anos a situação tenderia a se agravar, sobretudo nas cidades dos chamados países em desenvolvimento. A situação piorou e o Brasil presenciou desde 2012, segundo o encarte especial sobre crise hídrica da ANA (2015), um regime atípico de chuvas, que associado a má gestão da demanda e à não garantia da oferta, causaram uma crise hídrica em algumas regiões, mais especificamente a região Nordeste, devido principalmente a fatores naturais, e a Sudeste, como consequência da crescente demanda e poluição hídrica.

Martins (2014), estudou a crise em São Paulo e afirma que depois do período crítico em 2003 já era previsto um colapso do sistema, tanto que o documento de renovação da outorga do Sistema Cantareira apontava para a necessidade de novas estratégias para a gestão das águas com o objetivo de aumentar a oferta hídrica. Sem novas estratégias implementadas, o sistema Cantareira operava em setembro de 2014 com 9,4% da sua capacidade. A autora ainda evidencia que os moradores de periferias sofrem mais com as interrupções no abastecimento decorrentes da baixa dos reservatórios, e que o Estado deve garantir que essa discriminação não ocorra mesmo que os motivos sejam técnicos.

Contudo, a preocupação acerca da escassez hídrica está longe de ser descartada. O Atlas do Brasil (ANA, 2010), concluiu que 55% dos municípios poderiam apresentar déficit no abastecimento de 2015, 84% das sedes urbanas iriam precisar investir em adequação de seus sistemas produtores e que 16% apresentam déficits decorrentes dos mananciais utilizados. Em razão dessas informações e dos episódios de escassez de 2012 à início de 2014, a ANA e o Ministério da Integração Nacional em parceria, apresentaram o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) para o Brasil considerando como horizontes de planejamento o ano de 2020,

onde serão identificadas as demandas efetivas, e o ano de 2035, onde serão propostas as ações e obras para reverter a situação (ALVES, 2014).

O Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas de 2015 do Programa das Nações Unidas de Avaliação Mundial da Água (WWAP), prevê para 2050, um aumento da demanda hídrica mundial de 55%, principalmente devido à crescente demanda do setor industrial, dos sistemas de geração de energia termoeletrica e dos usuários domésticos. O aumento da demanda global de água pela indústria manufatureira está estimado em 400%, afetando todos os outros setores, com a maior parte desse aumento ocorrendo em economias emergentes e em países em desenvolvimento.

A agricultura também tem aumentado o consumo de água, e faz uso de 70% de toda a água retirada de aquíferos, rios e lagos. Isso é resultado da elevação da produtividade, que está associada ao crescente uso da irrigação, e não ao aumento de área produtiva. Mais de 40 por cento do aumento na produção de alimentos veio de áreas irrigadas. A situação se agrava com políticas agrícolas voltadas maiormente aos agricultores com terras produtivas e o acesso à água, sujeitando pequenos produtores a vulnerabilidade, pobreza e incerteza climática e a condições de degradação ambiental (FAO, 2011). A área irrigada no Brasil, segundo a ANA (2015), em 2012, ocupou 5,8 milhões de hectares, o que corresponde a 19% do potencial nacional.

A redução da pobreza, o crescimento econômico e a sustentabilidade dependem de serviços providos pelos recursos hídricos. A água coopera com a segurança alimentar e energética, com a saúde humana e ambiental, com o bem-estar social e crescimento inclusivo afetando os meios de subsistência de bilhões de pessoas (WWAP, 2015). No entanto, a água não está disponível para todos de forma igualitária, e sua distribuição no meio está condicionada a diversos fatores.

2.2.1 Distribuição, disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos

A renovação dos recursos hídricos é garantida através do ciclo hidrológico, enquanto a disponibilidade para consumo humano está diretamente relacionada com a capacidade suporte dos recursos hídricos, frente às necessidades e usos humanos (WHATELY E HERCOWIZ, 2008).

Para garantir essa disponibilidade resultante da renovação dos recursos hídricos, a água provém inicialmente da atmosfera, dando início a um ciclo fechado, ou seja, ao ciclo hidrológico. No entanto esse ciclo é um fenômeno complexo.

De acordo com Pinto et al. (1976), o ciclo hidrológico envolve a precipitação das gotículas de água em forma de chuva, a interceptação da chuva pela vegetação, a evaporação, a infiltração no solo e o escoamento superficial ou subterrâneo. O retorno da água para a atmosfera, que fecha o ciclo, é resultado da evaporação da água retida nas depressões do terreno, rios, mares, lagos e oceanos, ou da umidade superficial do solo, e da transpiração das plantas. O conjunto feito pela evaporação do solo e transpiração das plantas é chamado de evapotranspiração. O balanço entre o volume de água na terra e umidade atmosférica é fruto dessa circulação continua, mantida pela energia solar.

Valores de proporções das fases de movimentação da água, obtidos para os Estados Unidos, mostram que do volume de água que atinge o solo, 25% alcança os oceanos e 75% retornam a atmosfera, sendo que destes 40% vão precipitar-se diretamente nos oceanos e 35% sobre o continente (PINTO, et al. 1976). Contudo, a distribuição da água numa região, é muito desigual e sua disponibilidade está sujeita a grandes pressões.

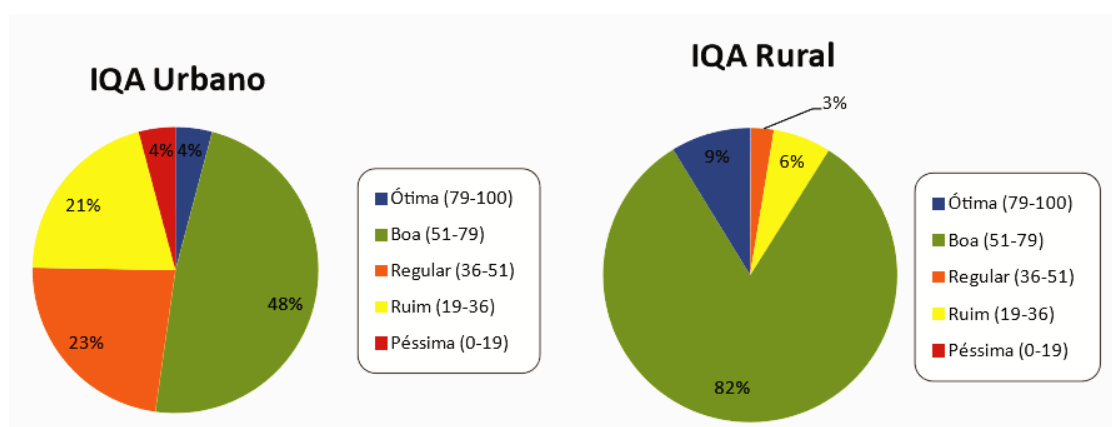
De toda a água do planeta, apenas 2,5% são de água doce e dessa pequena parte, mais de dois terços se encontram nas calotas polares e geleiras, um terço forma os aquíferos, e o restante, 1,3%, está na superfície, em rios, lagos e pântanos e em outras formas, como gelo e neve (FAO, 2013). Além disso, a distribuição da água tem grandes disparidades, concentrando 60% do suprimento no Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, Estados Unidos da América, Índia, Colômbia e na República Democrática do Congo. Vale ressaltar que em cada país ocorrem variações que podem ser consideráveis (ANA, 2009).

O Brasil se destaca nesse cenário por abrigar 13% da água doce do mundo. São 91,300m³/s de disponibilidade hídrica superficial e 11,430m³/s subterrânea. Mas esses recursos são mal distribuídos, estando 81% da água disponível na região norte, onde vive apenas 5% da população, e 2,7% nas bacias junto ao Oceano Atlântico, onde se encontram 45,5% da população total do Brasil (ANA, 2015). Ou seja, a maior pressão sobre os recursos está onde a oferta é menor, acentuando o desequilíbrio.

Apesar de não pertencer a região norte, o estado de Mato Grosso, conforme apresentado pelo Atlas Brasil sobre abastecimento urbano de água por estado da Agência Nacional de Águas (2010), possui generosa rede hídrica, que proporciona equilíbrio quanto ao manancial utilizado no abastecimento: 43% dos municípios são abastecidos exclusivamente por águas superficiais, 41% por águas subterrâneas e 16% pelos dois tipos de mananciais. No estado, 60% dos municípios possuem condições satisfatórias de abastecimento. Apesar disso, mais de um terço dos municípios precisam investir na ampliação dos sistemas de produção de água existentes para regular a oferta e a demanda, e 12 sedes municipais demandam por novos mananciais.

Não menos importante que disponibilidade e distribuição está a qualidade da água. O Informe 2014 da ANA (ANA, 2015), faz uma análise do Índice de Qualidade da Água (IQA) considerando 1.039 pontos de monitoramento no campo e 530 pontos nas cidades. O resultado demonstra uma significativa diferença entre o meio rural e a cidade no IQA de 2012, como mostrado na Figura 1. O IQA considera nove parâmetros físico-químicos e biológicos das águas, são eles: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos.

Figura 1 - Valores médios do Índice de Qualidade de Água em 2012



Fonte: ANA (2015)

Os valores de IQA classificados como regular, ruim e péssimo resultam da poluição das águas. A qualidade da água é comprometida por uma vastidão de processos humanos e naturais que alteram suas características biológicas, químicas e físicas da água, impactando, assim, sua qualidade. De acordo com a ANA (2011), “a contaminação por organismos patogênicos, metais traço e produtos químicos tóxicos de produção humana; a introdução de espécies invasoras; e as alterações de acidez, temperatura e salinidade da água” podem prejudicar os ecossistemas aquáticos”.

Asseverando essa informação para a WWAP (2015), devido o lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, e ao escoamento superficial de áreas agrícolas, as águas tem sua qualidade comprometida, enfraquecendo a capacidade dos ecossistemas de água doce no provisionamento de serviços essenciais prestados, relacionados aos recursos hídricos. No entanto boa parte dos modelos econômicos não valoriza esses serviços levando a degradação dos ecossistemas e dos mananciais.

Graças a essa desvalorização, milhões de toneladas de esgoto inadequadamente tratado e efluentes industriais e agrícolas são despejados diariamente nas águas do mundo. Todos os

anos, lagos, rios e deltas absorvem o equivalente ao peso de toda a população humana na forma de poluição (ANA, 2011).

Uma boa gestão dos recursos hídricos atuaria sobre esse problema garantindo água potável e tratamento de esgoto. No entanto, de acordo com a ANA (2011), tratar a água poluída não é suficiente. É preciso prevenir a poluição e restaurar ecossistemas.

De toda forma isso resultaria em ganho econômico e em ganhos a saúde da população, abrandando a pobreza e estimulando o desenvolvimento (WHATELY E HERCOWIZ, 2008). O retorno do investimento em abastecimento de água e saneamento foi estimado entre US\$5 e US\$28 por cada Dólar investido, sendo necessários 53 bilhões de Dólares por ano, ao longo de cinco anos, para atingir a cobertura universal (WWAP, 2015).

2.2.2 Instrumentos legais

Os deslocamentos da água desde a formação da chuva, até sua chegada a corpos receptores são considerados normais, e os possíveis danos causados no percurso, como erosão e enchente não responsabilizam ninguém legalmente. Contudo, caso ações humanas mudem o curso dessa água pluvial, elas se tornam responsáveis pelos impactos dessa alteração (GRIBBIN, 2008).

Como responsável, o cidadão tem a obrigatoriedade de práticas sustentáveis. Estas práticas se baseiam em instrumentos de comando e controle, que podem ser complementados por instrumentos de mercado. Entretanto, instrumentos legais ainda são imprescindíveis para a garantia de progresso com equilíbrio e proteção do meio ambiente.

Progredir em cada uma das três dimensões (social, econômica e ambiental) do desenvolvimento sustentável está ligado “às restrições impostas por recursos hídricos limitados e muitas vezes vulneráveis, e à forma como tais recursos são geridos para provisionar serviços e benefícios” (WWAP, 2015).

As políticas ambientais auxiliam a gestão dos recursos hídricos na garantia do equilíbrio qualitativo e quantitativo dos mesmos. Almeida et al., (2012), apresentam as políticas ambientais, como políticas que contém uma preocupação explícita quanto à proteção, conservação e uso dos recursos naturais e do meio ambiente. Por serem instrumentos explícitos, expressos na legislação e na organização institucional correspondente, estas políticas definem os meios de intervenção do Estado, na administração dos recursos e da qualidade do meio ambiente.

A diversidade e particularidade dos diversos fatores potencialmente poluidores, ou causadores de degradação levaram a existência de leis específicas. Fez-se o uso do Quadro 1 para apresentar um resumo de legislação, direta ou indiretamente, ligada a gestão dos recursos hídricos em ordem cronológica.

Dentre as legislações em vigor voltadas a proteção e conservação da água, destaca-se a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por sua característica de descentralização de ações que promulgam princípios e instrumentos básicos essenciais à uma boa gestão desses recursos. .

Quadro 1 – Instrumentos legais de sustentabilidade ambiental

LEGISLAÇÃO PERTINENTE	
Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988	Capítulo VI – Do Meio Ambiente.
Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição federal e dá outras providências
Lei Estadual nº 6.945, de 05 de novembro de 1997	Dispões sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso e dá outras providências
Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
Lei Federal nº 9649 de 27 de maio de 1998	Dispõe sobre a Secretaria de Recursos Hídricos.
Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental
Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000	Criou a Agência Nacional de Águas (ANA)
Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000	Institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.
Lei Federal nº 9.993, de 24 de julho de 2000	Destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais par o setor de ciência e tecnologia.
Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011)	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes

Continua...

Quadro 1(continuidade): Instrumentos legais de sustentabilidade ambiental.

LEGISLAÇÃO PERTINENTE	
Lei Federal nº 11445 de 05 de janeiro de 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
Resolução Federal (CONAMA) nº 396, de 03 de abril de 2008	Estabelece o enquadramento das águas subterrâneas.
Lei Federal nº12.187, de 29 de dezembro de 2009	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC.
Instrução Normativa Federal SLTI/MPOG 01, de 19 de janeiro de 2010	Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional.
Lei Federal nº 12.349, de 15 de dezembro de 2010	Altera o artigo 3º da Lei 8.666/93, introduzindo o Desenvolvimento sustentável nas licitações governamentais.
Lei Federal nº 12.651 de 28 de maio de 2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.
Resolução Federal (CNRH) nº 141, de 14 de julho de 2012	Estabelece critérios e diretrizes para implementação dos instrumentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e de enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, em rios intermitentes e efêmeros.
Instrução Normativa SLTI/MPOG 10, de 12 de novembro de 2012	Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o Art. 16, do Decreto 7.746, de 5 de junho de 2012.
Decreto Federal nº 8.038, de 4 de julho de 2013	Regulamenta o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água – Programa Cisternas.
Resolução Federal (ANA) nº 903, de 22 de julho de 2013	Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA – e estabelece suas diretrizes.

Fonte: o autor

São princípios da PNRH:

- A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- Os múltiplos usos da água;
- O reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável; e
- A gestão descentralizada e participativa.

2.2.3 Conservação e uso racional de água

Muita água é desperdiçada no Brasil acentuando a escassez de água. O ministério do Meio Ambiente informa que cerca de 20% a 60% da água tratada se perde na distribuição,

dependendo das condições de conservação das redes de abastecimento. O desperdício continua nas residências por causa do tempo e modo de uso do chuveiro, na utilização de descargas em vaso sanitário que consomem muita água, na lavagem da louça com água corrente, no uso da mangueira como vassoura na limpeza de calçadas, na lavagem de carros etc.

Entretanto, voltar as ações de conservação apenas para o uso doméstico não resolve o problema, já que a indústria é responsável por 22% do consumo de água, o que parece pouco diante dos 70% consumidos pela agricultura (FAO, 2013).

Para resolver esse tipo de problema e combater a crise hídrica, é consenso na literatura pesquisada, que a prática da conservação de água deve adotar medidas de redução da demanda e de gestão da oferta, onde prioritariamente os usos menos nobres utilizem águas de menor qualidade.

Os critérios de conservação se trabalhados de forma abrangente podem contribuir efetiva e significativamente com a sustentabilidade dos recursos hídricos. No entanto, geralmente, a atuação dos programas de conservação da água, se restringem basicamente à conservação da água na Bacia Hidrográfica, à conservação nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário e à conservação nos Sistemas Prediais (GIACCHINI, 2010b).

Nessa mesma linha de pensamento, Gonçalves (2009), trata o gerenciamento da água dividindo-o em níveis de escala macro, meso e micro. A escala macro envolve ações nas bacias hidrográficas, a escala meso volta as ações aos sistemas de saneamento, e a escala micro atua na conservação das edificações. No entanto em todos os níveis devem constar abordagens voltadas a quantidade e qualidade das águas, dentro de suas especificidades.

A Bacia Hidrográfica se malconservada pode entrar em desequilíbrio, como é o caso da Bacia do Alto Tietê, que não consegue mais atender a demanda dos 15 milhões de habitantes e dos complexos industriais na Região Metropolitana de São Paulo e municípios circunvizinhos. O resultado disso é a busca incessante de recursos hídricos complementares em bacias vizinhas. Logo surgem problemas legais e político-institucionais e de aumento de custos (ANA; FIESP; SindusCon-SP, 2005).

A conservação da água na bacia Hidrográfica tem muito que caminhar no Brasil, no entanto, Whately e Hercowitz (2008), apresentaram alguns programas proporcionadores desse tipo de conservação, como o projeto conservador de águas do município de Extrema-MG, iniciado em 2005, com a finalidade de manter a qualidade e quantidade de água para abastecimento público, e o Projeto Oásis, lançado pela Fundação O Boticário em 2006, cujo objetivo é a proteção de remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados,

localizados dentro da área de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo. Os dois programas realizam o pagamento aos proprietários de terras pela prestação desses serviços ambientais.

A conservação da água nos sistemas prediais, compreendem ações de gerenciamento do uso da água nas edificações que incluem o seu uso racional, além do aproveitamento de águas cinzas e de chuva para fins não potáveis (Giacchini, 2010a). As medidas para conservação que promovem a economia da água em residências, edificações comerciais e industriais podem ser convencionais ou não convencionais.

Segundo Santos (2002), as medidas convencionais referem-se à racionalização do uso e combatem perdas quantitativas através, por exemplo, da contenção de vazamentos, mudanças nas tarifas, redução de pressão nas redes, reciclagem e reuso de água, leis sobre aparelhos sanitários e educação pública. As medidas não convencionais ou alternativas são aquelas opcionais que não sofrem cobrança pelo seu uso como é o caso das águas de reuso e de chuva (RIGHETTO, 2009).

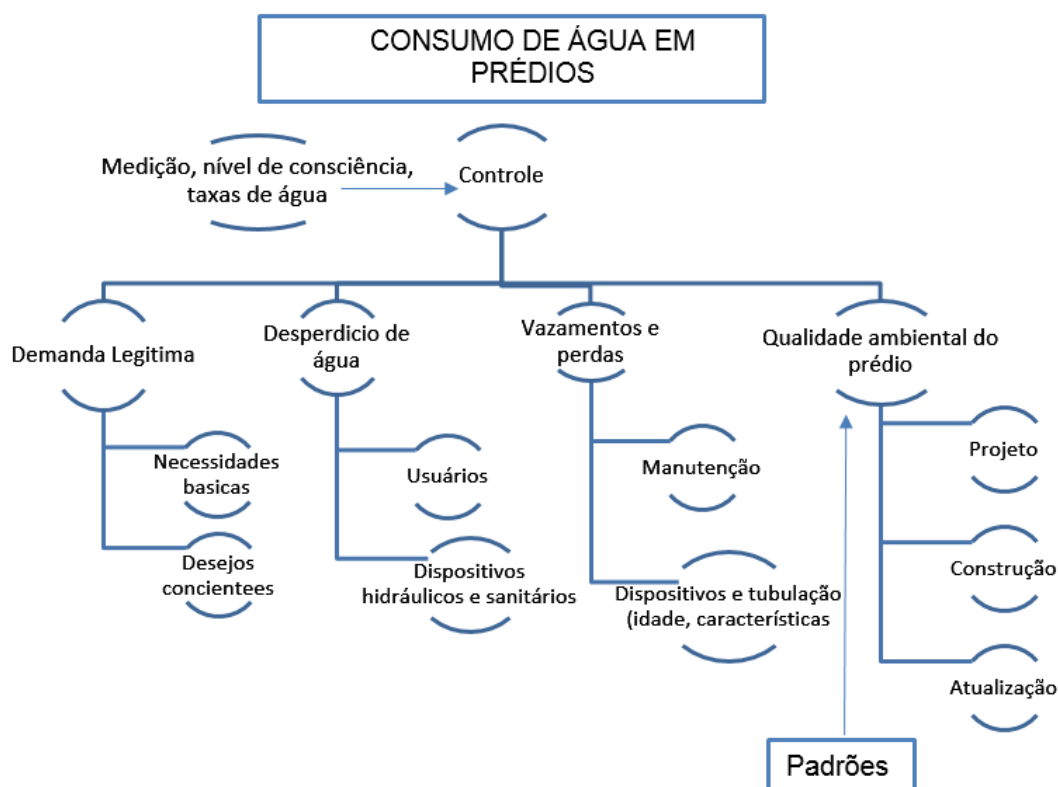
Contudo buscar medidas alternativas não trará a sustentabilidade da gestão da água se não houver a adoção anterior de uma racionalidade ao uso da água e a adoção de medidas convencionais.

Nesse raciocínio o programa AGUAPURA, descrito aqui no tópico 2.1.1, conseguiu obter sucesso no controle do uso da água, e uma economia de recursos de 6,4% do total de despesas em 2011. Para isso levantou alguns fatores importantes a se considerar quanto ao consumo de água em prédios (MARINHO, 2013).

O primeiro fator a se considerar quanto ao consumo de água em prédios é conhecer o consumo praticado em cada unidade, seguido da demanda legítima, da atitude do usuário, da qualidade e manutenção da hidráulica e do sistema de tubulação de saneamento, e da qualidade ambiental do edifício. Esses fatores influenciam em como a água vai ser consumida, nas mudanças de postura dos usuários, e na decisão de ser e como ser reaproveitada. Além disso, criou um novo espaço de aprendizagem permitindo a estudantes desenvolver trabalho de investigação sobre este tema (MARINHO, 2013). A Figura 2 indica o arranjo desses fatores.

Estratégias de conservação provem de soluções alternativas. Porém, criar novas alternativas implica em compor soluções possíveis, utilizando oferta e demanda de água, a configuração do edifício e o conhecimento sobre as tecnologias que cada solução envolve, etc. (GONÇALVES, 2009). O Quadro 2 apresenta cinco categorias de estratégias de conservação para, hipoteticamente, avaliar soluções em edifícios.

Figura 2 - Consumo de água em prédios



Fonte: Marinho (2013).

Quadro 2 - Soluções alternativas de conservação associadas às categorias estratégicas, visando à avaliação no processo de produção do projeto do edifício

Categoria	Estratégica de Conservação de água	Soluções Alternativas de Conservação visando Avaliação
1	Uso eficiente das águas	Emprego de aparelhos sanitários de baixo consumo
2	Aproveitamento de fontes alternativas	Aproveitamento de águas cinza Aproveitamento de águas de chuva Águas subterrâneas ou do mar
3	Desenvolvimento e adequação tecnológica	Medição individualizada Compartimentação das pressões da água em faixas de valores adequadas à conservação
4	Gestão das águas no edifício	Medições setorizadas de consumo Implantação de sistema de gestão das águas no edifício
5	Desenvolvimento do comportamento conservacionista	Formação e treinamento de moradores, funcionários e prestadores de serviços sobre o sistema de gestão de águas

Fonte: Gonçalves (2009).

Além disso, utilização de água de reuso e o aproveitamento da água de chuva se mostra como alternativas mais plausíveis para satisfazer a demandas menos restritivas, permitindo que

água de boa qualidade seja utilizadas para fins nobres, como o abastecimento doméstico (ANA;FIESP; SindusCon-SP, 2005).

No entanto, quanto ao reuso, Nunes (2006), reforça que a proposta de um sistema de reuso apresenta limitações técnicas, econômicas e operacionais. Logo, deve-se considerar as especificações como atividades consumidoras, processos e procedimentos envolvidos, sistema hidráulico instalado e arranjo arquitetônico e localização do edifício.

Essa conclusão da autora se deve as limitações encontradas por ela, quando tentava indicar medidas potenciais para o uso racional da água. O reuso não foi indicado para seu objeto de estudo por implicar na necessidade de tratamento terciário do efluente, pelo baixo volume de águas cinzas produzidas, e pela configuração do sistema hidráulico que não permitia adaptações. Mesmo assim, Nunes (2006), indica o reuso de águas cinzas em edificações que a comportem, uma vez que a economia de água chega a 30% pelo esgoto sanitário que será reutilizado e pela substituição de água potável.

Para uma nova edificação as limitações diminuam. A parceria ANA, FIESP e Siduscon-SP (2005) recomenda que o projeto considere a otimização do consumo, a aplicação de fontes alternativas de água nos usos menos nobres, bem como facilidade de gestão do insumo por meio de projetos otimizados em traçados e ferramentas de monitoramento, ou seja, plano de setorização de medição preestabelecido em projeto de acordo com as necessidades.

Convém evidenciar, como forma de valorizar essas alternativas, a importância da certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) conhecida como “Green Building” (TOMAZ, 2010).

Em Taiwan os sistemas “Green Building”, que podem ser definidos como sistemas que buscam menor consumo de recursos naturais e gerar menos resíduos de construção, têm priorizado a conservação da água. Os candidatos a Green Building introduzem sistemas de uso de água de chuva, dispositivos economia de água, dentre outros itens promotores de sustentabilidade, de modo que seus projetos alcancem uma economia de água de mais de 20% (CHENG-LI, 2003).

2.2.4 Precipitação

Precipitação é a água que resulta do depósito de vapor de água da atmosfera na superfície terrestre em forma de chuva, neve, granizo, orvalho, neblina ou geada (PINTO et.al., 1976). A precipitação em forma de chuva tem ocorrência natural, e levando em conta o que foi

apresentado no tópico 2.2.1, é essencial no equilíbrio do ciclo hidrológico, sobretudo na recarga dos corpos d'água e equilíbrio dos ecossistemas adjacentes.

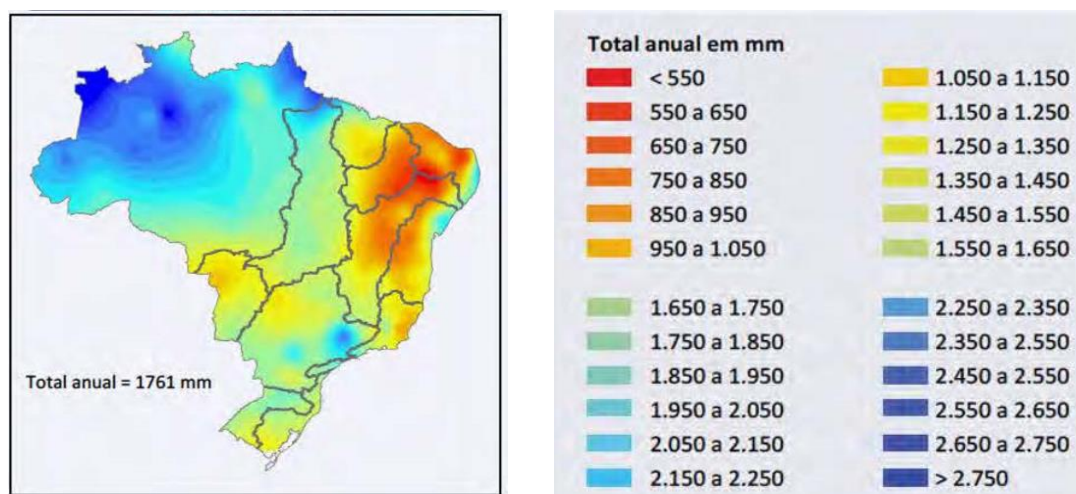
A chuva é classificada com base na ascensão das massas de ar. Quando associadas a convecção térmica as chuvas são do tipo convectivas, ligadas a nuvens do tipo cumulus e cumulonimbus, e geram forte precipitação. Quando a chuva se relaciona com o relevo tem-se a chuva do tipo Orográfica, causada pela elevação do ar úmido sobre terrenos altos como montanhas. Por fim, há as chuvas do tipo ciclônica, que resultam do movimento vertical do ar em grande escala, em razão de sistemas de baixa pressão como as depressões (AYOADE, 2013; PINTO et.al., 1976).

A chuva ao precipitar-se não apresenta uniformidade, dificultando sua quantificação, mas uma compilação de dados, após análise estatística gera uma determinação de chuva média ou típica (GRIBBIN, 2008).

A precipitação pluvial é medida por meio de pluviômetros ou pluviógrafos, de maneira que sua quantificação é dada pela altura de água que cai e se acumula sobre uma superfície plana. Porém, de acordo com Ayoade (2013), o volume detido em um pluviômetro varia em virtude de fatores como altura do pluviômetro acima do solo, velocidade do vento e taxa de evaporação. Isso resulta em diferenças nas quantidades observadas entre dois ou mais medidores, mesmo que estes estejam próximos (PINTO et.al., 1976).

O Brasil apresenta uma precipitação média anual, com base no histórico de 1961-2007, de 1.761 mm, conforme Figura 3. Essa média varia espacialmente, apresentando valores na faixa de 500 mm, na região semiárida do Nordeste, a mais de 3.000 mm, na região Amazônia.

Figura 3 - Precipitação anual no Brasil-média de 1961 a 2007

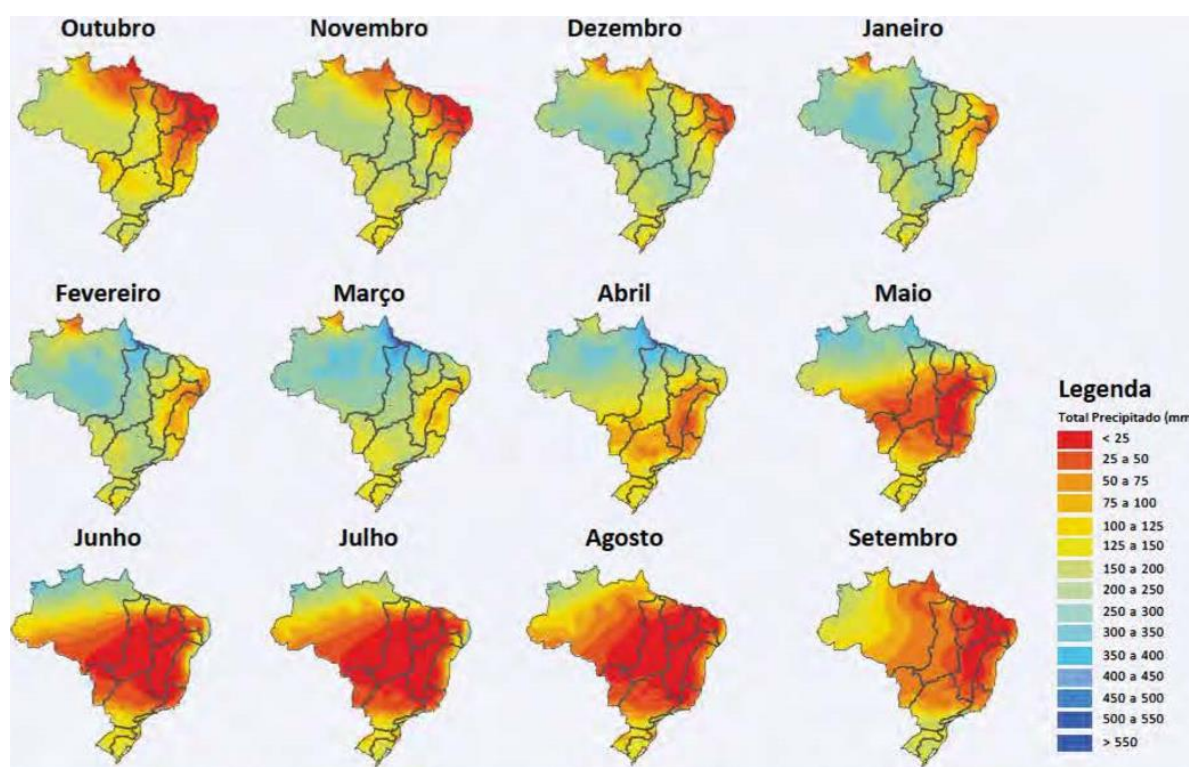


Fonte: Adaptado de ANA (2013).

As regiões hidrográficas com menores valores de pluviosidades são as do São Francisco (1.003 mm), Atlântico Leste (1.018 mm), Atlântico Nordeste Oriental (1.052 mm) e Parnaíba (1.064 mm). Já as maiores precipitações são notadas nas regiões Amazônica (2.205 mm), Tocantins/Araguaia (1.774 mm), Atlântico Nordeste Ocidental (1.700 mm) e Atlântico Sul (1.644 mm) (ANA, 2013).

Além da grande variação espacial, é importante considerar a sazonalidade da precipitação. A precipitação varia nos diferentes períodos do ano, e essa variação não se dá do mesmo modo nas regiões hidrográficas. A Figura 4, apresenta a variação sazonal histórica da precipitação no Brasil.

Figura 4 - Variação sazonal histórica no Brasil - média de 1961 a 2007



Fonte: ANA (2013).

Tarifa (2011), mapeou o total anual médio (1983-1994) de pluviosidade no Mato Grosso, bem como o ano padrão seco (1993) e o ano padrão chuvoso (1992). A distribuição da chuva no estado segue, de modo geral, três padrões: valores superiores a 2.000 mm, no norte e oeste; abaixo de 1.900 na região centro-oriental; e valores variáveis de 1.100 a valores acima de 2.000 mm encontrados nas depressões e nas chapadas e planaltos elevados. A variação é fruto da influência do relevo e da altitude. Desse modo as chapadas e planaltos elevados detém

os maiores valores (1300 a >2000 mm), enquanto no Pantanal os totais variam entre 1.100 e 1.300 mm. Na depressão Cuiabana a pluviosidade varia de 1.300 a 1.700 mm.

A distribuição sazonal das chuvas evidencia o caráter tropical de Mato Grosso, onde se definem uma estação seca e uma chuvosa. O trimestre mais chuvoso no estado (dezembro, janeiro e fevereiro) concentra 45 a 50% do total anual de chuvas, variando cerca de um máximo de 1.100 a 1.200 mm a um mínimo de 500 a 600 mm. O trimestre mais seco (junho, julho e agosto) concentra totais baixíssimos de 20 e 80 mm de pluviosidade (TARIFA, 2011).

Um cenário de precipitação altamente irregular também é observado em Khartoum (capital do Sudão) com coeficientes de variação (1981-2010) de 66,6% para os valores anuais e 108,8-118,0% para os meses mais úmidos. Mais de 80% da precipitação anual ocorre em 3 meses (julho-setembro) e a mediana de precipitação anual (1941-2010) é de 133,6 mm. Somado a isso a capacidade de apenas 40% do sistema de drenagem em manejar as águas pluviais geram problemas de escoamento para chuvas > 30 mm (7% dos casos) de até quatro vezes a capacidade de drenagem levando a episódios de inundações. Isso torna o aproveitamento de águas pluviais uma boa solução para esse problema e serve como opção de gestão na área urbana (MAHMOUD et.al., 2014).

As informações sobre precipitação são fundamentais uma vez que a viabilidade do aproveitamento da água da chuva depende do conhecimento acerca dos valores e variações da chuva. O número de dias sem chuva e o intervalo entre eles interfere diretamente no volume do reservatório e consequentemente no custo do sistema.

2.3 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A água de chuva é a “água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais” (ABNT, 2007).

O aproveitamento de água de chuva (AAC) não é um hábito moderno. Civilizações milenares como Astecas, Maias e Incas já adotavam esse processo (GIACCHINI, 2010a). Entretanto, com os episódios de falta d'água o aproveitamento da água da chuva tem se popularizado e as razões fundamentais que levam a utilização desta água apresentadas por Tomaz (2010), são:

- A consciência e sensibilidade a respeito da necessidade da conservação da água;
- A disponibilidade hídrica menor que 1200m³/habitante X ano de algumas regiões;
- O alto valor das tarifas de água das concessionárias públicas;

- O rápido retorno dos investimentos (payback);
- O fornecimento instável de água pública;
- Legislação específica
- Residir em locais onde a estiagem é maior que 5 meses
- Residir em locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

Em alguns casos a deficiência do abastecimento, sobretudo o déficit na qualidade da água leva uma região, como as descritas por Veloso e Mendes (2014), a optarem por aproveitar água de chuva. Nas ilhas de Belém-PA cercadas por água, e onde precipitação pluviométrica foi 2893,1mm/ano (1961-1990), a população possui baixa renda e está suscetível a contaminação por fazerem uso das águas dos rios ou comprarem água sem qualidade. Nessas situações o aproveitamento de água de chuva a exemplo das Ilhas de Jutuba e Urubuoca e Ilha Nova, como os autores relatam, utilizando o Sistema de Desinfecção Solar - SODIS para a desinfecção da água pluvial é uma boa alternativa por oferecer baixos custos e facilidade de replicação.

Aproveitar as águas pluviais, além de uma alternativa para o abastecimento, reforça a ideia de conservação de água e implementa a educação ambiental, previne a poluição das bacias pois reduz o escoamento superficial e, conseqüente, a carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais, o que amortece os picos de enchentes e contribui para a redução de inundações.

Aproveitar água de chuva em South Agrabad na cidade de Chittagong Bangladesh, se mostrou uma solução sustentável e viável contra a escassez e inundações na cidade pois a análise com base em multicritérios técnicos de decisão, numa abordagem Analytic Hierarchy Processo (AHP), revelou que a profundidade da água estagnada (1-1,22m) pode ser reduzida em 26% ao adotar o sistema. O volume aproveitável esperado de água, considerando toda a área do telhado como um potencial de captação e 5 pessoas por alojamento, poderia suplementar até 20 L/pessoa/dia (AKTER e AHMED, 2015).

Todavia, em situações de estiagem retardar o pico de vazão de chuva com a retenção da água de chuva em reservatórios prediais pode prejudicar ainda mais os baixos níveis dos reservatórios de abastecimento público e a jusante dos reservatórios. Possíveis alterações no ciclo hidrológico também devem ser consideradas. Akter e Ahmed (2015), constaram que se todas as águas do telhado em sua área de estudo forem coletadas para complementar a demanda poderá ocorrer uma interrupção do ciclo hidrológico naquele lugar.

Ghimire e Johnston (2013) aplicaram um método para compreender melhor os impactos hidrológicos do AAC em uso doméstico e agrícola em três sub-bacias hidrográficas, Back Creek, Sycamore, e verde Mills, da bacia de Albemarle-Pamlico no sudeste dos Estados Unidos. Os resultados indicaram que a alta taxa de adoção (75-100%) do aproveitamento de água de chuva reduziu a média de rendimento mensal de água à jusante em 16% (Back Creek), 9% (Sycamore) e 19% (Green Mills). Para uma taxa de adoção menor (25%) a redução da produção de água foi de aproximadamente 6% para a bacia Back Creek.

Como cada bacia hidrográfica possui particularidades em suas características, os impactos também são específicos o que demanda por uma avaliação caso a caso. De acordo com Giacchini (2011), para que a sustentabilidade da bacia não seja comprometida, afetando os usuários, o reservatório precisa ser precisamente dimensionado.

De todo o modo, independentemente de onde será aplicada a água de chuva, haverá uma economia de água potável e o retorno das águas pluviais para a bacia hidrográfica, via sistema de drenagem urbana, que minimiza as interferências na bacia onde o sistema se localiza.

Uma comparação entre sistemas unicamente abastecido por água potável e do abastecimento com água de chuva nas bacias sanitárias pode ser feita por Vialle et. al. (2015), em uma análise de ciclo de vida e de pegada hídrica para avaliar os impactos ambientais desses sistemas na França (bacia Garonne). A comparação mostrou que o uso de água da chuva é pouco mais impactante do que o uso de água potável nas categorias analisadas de “impacto a saúde humana”, “qualidade do ecossistema”, “recursos e mudanças climáticas”. No entanto o sistema abastecido por água de chuva teve uma melhor pegada hídrica por aliviar a pressão sobre os recursos hídricos onde está inserido. Além disso, caso haja a necessidade de um tratamento complexo para sistemas unicamente abastecido por água potável os seus impactos ambientais aumentariam, o que deixaria o abastecimento com água de chuva mais interessante.

Dessa forma, do ponto de vista da disponibilidade hídrica e da sustentabilidade ambiental, aproveitar a água pluvial mostra-se como uma “alternativa socioambiental responsável e possível economicamente no sentido de suprir demandas menos exigentes” (GONÇALVES, 2009). Contreras et. al. (2013), sugerem que se identifique e priorize bacias hidrográficas críticas com picos de enchente, fortes escoamentos e poder erosivo, pois nesses casos o aproveitamento pode minimizar os impactos ambientais e econômicos locais.

A respeito da sustentabilidade ambiental, Chen (2012), buscando revelar a função de economia significativa do uso da água da chuva, concluiu que em Pequim, o aproveitamento de águas pluviais reduz custos, economiza água e energia, e melhora a eficiência da companhia de água, ao reduzir custos operacionais e de transmissão e tratamento da água. Além disso, coletar

a água da chuva para uso, apesar de poder aumentar a pressão sobre o sistema de drenagem no momento de descarte, pode aumentar a parcela dessa água que será infiltrada no solo, e reduzir o custo com instalações e tratamentos de esgoto. Por fim, o autor afirma que o investimento em aproveitamento de águas pluviais é inferior ao investimento em projetos de tratamento de esgoto.

A avaliação econômica dos projetos de aproveitamento demonstra a significativa economia com a redução do valor da conta de água (ANA; FIESP; SindusCon-SP, 2005), mas é necessário avaliar a qualidade dos investimentos na implantação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, no que se refere a atratividade da redução dos impactos ambientais sob o ponto de vista dos investidores.

Ilha e Campos (2014), propuseram uma ferramenta para fazer essa avaliação, baseada na otimização do Valor Presente Líquido (VPL), por meio da técnica *Particles Swarm Optimization* (PSO), considerando uma edificação da categoria pública e três cenários para a tarifa de esgoto: valor sem reajustes, reajuste mínimo histórico (5,59% ao ano) e reajuste máximo histórico (19,63% ao ano). A partir de então, puderam verificar que o investimento no sistema de aproveitamento de água pluvial é interessante mesmo quando há a cobrança pela tarifa, havendo redução da possibilidade de perdas.

A viabilidade econômica desses sistemas não é garantida, fazendo-se necessário o equilíbrio entre custos de investimentos, operação e manutenção e a economia com os custos do abastecimento. Este equilíbrio é uma função não-linear do AAC, do volume utilizado e do custo do sistema de aproveitamento de água da chuva (SAAC). A influência da capacidade do reservatório no período de retorno é acentuada em reservatórios grandes, porém diminui com o aumento da capacidade da área de coleta. Assim para um volume do tanque de armazenamento ideal a viabilidade do sistema é maior (SILVA et. al. 2015). FARRENY et. al. (2011) encontraram em seu estudo situações com período de retorno de 31 e 51 anos e situações de inviabilidade econômica.

Silva et. al. (2015), avaliaram duas localidades, Almada e Porto em Portugal, que possuem precipitações anuais diferentes, e notaram que o período de retorno das duas foram semelhantes sendo menor em Almada, que possui menos precipitação, para reservatórios menores, e concluíram que potencial de aproveitamento da água depende, até um certo ponto, mais da distribuição da precipitação diária do que da anual. Em Porto e Almada a média de dias sem chuva varia de 2 -7 dias.

Salienta-se ainda que o volume precipitado não é o mesmo volume de água que pode ser aproveitado. Os componentes utilizados no sistema de captação e armazenamento das águas

de chuva conferem perdas ao longo do trajeto da água. Essas perdas de volume, de acordo com Gonçalves (2009), estão ligadas, entre outros fatores, à evaporação da água quando atinge o telhado, à absorção pelas telhas, ao descarte da água de primeira chuva e à eficiência dos equipamentos utilizados antes do reservatório em aproveitar essa água.

Sobretudo, é importante assinalar que a água de chuva deve ser utilizada para fins não potáveis. A ABNT (2007) sugere seu uso, após tratamento o adequado, em descargas de bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Isso pode significar muito, uma vez que, por exemplo, nas edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água nos ambientes sanitários varia de 35% a 50% do consumo total (ANA; FIESP; SindusCon-SP, 2005).

O aproveitamento da água da chuva pode ser uma boa alternativa para conservação de água sendo uma solução que pode ser ajustada às especificidades de cada caso. No entanto algumas desvantagens como a necessidade de um profissional capacitado para instalação e manutenção dependendo do sistema a ser instalado, possibilidade de deformação e rachaduras no reservatório, atenção quanto aos riscos de acidentes com crianças, e necessidade de controle da qualidade da água e periodicidade na higienização dos reservatórios devem ser observadas.

Além disso, SILVA et. al. (2015), revisando trabalhos sobre o tema descrevem as limitações legais, o custo inicial, o longo período de retorno financeiro, o tipo de uso e a dependência do balanço hídrico como variáveis que afetam a viabilidade do aproveitamento da água de chuva.

2.3.1 Aproveitamento de água de chuva: Legislação e normalização.

Em razão das particularidades resultantes dos processos envolvidos ao longo do percurso da água de chuva, o seu aproveitamento demanda por legislação e normatização específica. Tais legislações ainda são incipientes no Brasil, todavia, a temática já está ganhando representativo destaque, e algumas leis e normas podem ser citadas, destacando algumas iniciativas de vanguarda municipais, como de São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro, e Recife.

Com o objetivo de evitar inundações, problema crítico recorrente em muitas regiões do Brasil, São Paulo através da lei nº 13.276/2002 e Rio de Janeiro por meio do Decreto Municipal nº 23.940/2004, obrigam os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m² a executar reservatórios para acumulação das águas pluviais, podendo este recurso ser utilizado para fins não potáveis. Em Recife as águas pluviais dos reservatórios de acumulação, exigidos

à lotes com área superior a 500 m², edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25%, também podem ter a mesma finalidade, com captação exclusiva dos telhados.

Curitiba, através da lei nº 10785/2003, induz a utilização de fontes alternativas para captação de água em novas edificações. Obviamente, a captação de água das chuvas é uma delas, e deve ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento.

Além dos municípios supracitados, Veloso (2013), verificou experiências legislativas, sobre a temática aqui apresentada, em Maringá e Ponta Grossa (PR), Porto Alegre (RS), Salvador (BA) e João Pessoa (PB). Fortaleza e Manaus possuem projetos de lei sobre o tema.

A nível estadual há uma sistematização em todas as regiões do Brasil, exceto Roraima, Tocantins, Rio Grande do Norte, Sergipe e Alagoas, de regulamentações (incluindo os projetos de lei) direcionadas as políticas públicas ambientais voltadas a criação de Programa de Captação de Água da Chuva de âmbitos estaduais, a redução dos efeitos de enchente através do amortecimento das águas pluviais pelos reservatórios, a obrigação de criação de sistemas de captação residenciais, postos de gasolinas e em órgãos públicos, e ao estabelecimento de critérios construtivos e técnicos obrigatórios (VELOSO, 2013).

O estado de Mato Grosso conta com a Lei nº 9.674/2011, que autoriza o poder executivo a criar mecanismos de incentivo para captação da água de chuva, incluindo:

I - criação de linhas de crédito para proprietários de imóveis residenciais, comerciais e rurais para subsidiar a instalação de sistema de coleta de água de chuva, seu armazenamento em cisternas para posterior utilização;

II - financiamento de projetos e estudos técnico-científicos que visem aprimorar o sistema de coleta de chuvas, seu armazenamento e utilização.

No âmbito federal, o Código das Águas (decreto 24.643) de 1937 já conceituava águas pluviais e abordava de forma superficial a construção de reservatórios para aproveitamento da água da chuva em áreas públicas (VELOSO, 2013). Ademais, o Decreto nº 7217/2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, admite instalações hidráulicas prediais com objetivo de reuso de efluentes ou aproveitamento de água de chuva, desde que devidamente autorizadas pela autoridade competente. Além destes, atualmente, tem-se o decreto nº 8.038/ 2013 que regulamenta o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água.

Finalmente, ao que diz respeito a normas, há a NBR 15.527 de 2007 que apresenta requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins

não potáveis, expressando de maneira geral condições a serem atendidas pelos sistemas de aproveitamento de água de chuva quanto a calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais e manutenção.

2.3.2 Sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações

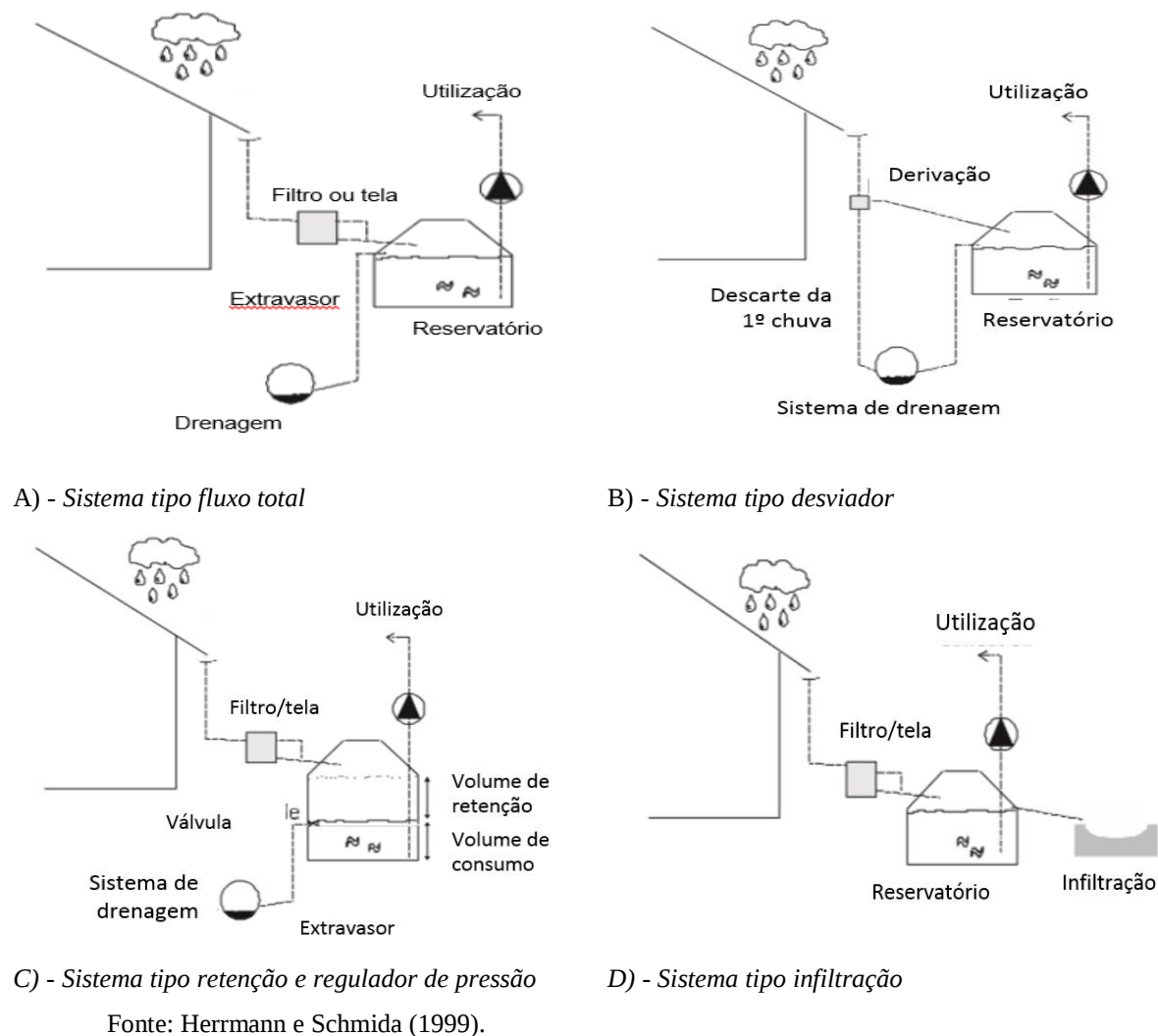
Um sistema de aproveitamento da água de chuva em uma edificação, de forma simplificada, refere-se a um sistema que compreende a captação, filtragem, armazenamento e distribuição da água que cai no telhado da edificação.

Contudo, ocorrem variações de um sistema a outro. Herrmann e Schmida (1999), apresentam diferentes formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva. São elas:

- Sistema tipo fluxo total: A chuva captada é conduzida ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. Quando o tanque de armazenamento se enche o volume transbordado é direcionado ao sistema de drenagem.
- Sistema tipo desviador: Aqui uma derivação é instalada na tubulação que direciona a água captada pela cobertura permitindo descartar a primeira chuva e direcionando-a ao sistema de esgoto. Do mesmo modo que no sistema citado acima, a água passa por uma peneira de malha fina para ser filtrada e tanto a fração recolhida do fluxo total, quanto a fração que transborda do tanque são levados ao sistema de drenagem.
- Sistema tipo “retenção e regulador de pressão”: Nesse sistema a capacidade de armazenamento do reservatório é maior e retém um volume adicional ao necessário ao consumo, e uma válvula regula a saída de água, que corresponde a esse volume extra, para o sistema de drenagem.
- Sistema tipo infiltração: Este sistema se diferencia do sistema tipo fluxo total apenas na destinação do volume extravasado do reservatório. O volume que extravasa é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo

Na Figura 5 são apresentadas essas diferentes formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Figura 5 - Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva



A ANA juntamente com a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – FIESP e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo – SindusCon (2005), apresentaram uma metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial que envolve as seguintes etapas:

- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- Caracterização da qualidade da água pluvial,
- Projeto do reservatório de descarte;
- Projeto do reservatório de armazenamento;
- Identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- Estabelecimento do sistema de tratamento necessário;

- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

Segundo Fendrich (2009), a tecnologia para o uso da água de chuva nas edificações consiste em somar as seguintes técnicas:

- Coletar a água que precipita no telhado;
- Eliminar a água do início da chuva (descarte inicial);
- Estabelecer Unidades de sedimentação, filtragem, tratamento e melhoria da qualidade da água;
- Armazenar a água da chuva em reservatórios;
- Abastecer os locais de uso;
- Drenar o excesso da água de chuva, em caso de chuvas intensas;
- Completar a falta de água em caso de estiagem prolongada.

O sistema de uso das águas pluviais pode contar também com dispositivos de para filtração e desinfecção das águas de chuva. Essa condição é imposta pela qualidade da água da chuva (HAGEMANN, 2009), ou pela intenção de uso da mesma. O dispositivo de filtração confere algum grau de tratamento para a água da chuva, porém isso se limita principalmente às características físicas (SILVA ET.AL, 2015).

Qualquer que seja a técnica, um sistema predial de aproveitamento da água de chuva, basicamente, conta com os 5 subsistemas e seus respectivos componentes conforme apresentado por Gonçalves (2009). No Quadro 4 é apresentado esses subsistemas e seus componentes.

Todavia, somar essas características não é suficiente. A segurança do abastecimento, a manutenção da qualidade da água armazenada e níveis operacionais adequados e aspectos econômicos dos sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais requerem cuidados gerais e características construtivas. Entre estas podem ser ressaltados (ANA;FIESP; Sinduscon-sp, 2005):

- Evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e microrganismos;
- Manter a tampa de inspeção fechada;
- Colocar grade ou tela na extremidade de saída do tubo extravasor, para evitar a entrada de pequenos animais;

- Realizar a limpeza anual do reservatório, removendo os depósitos de sedimentos;
- Projetar o reservatório de armazenamento com declividade no fundo na direção da tubulação de drenagem, para facilitar a limpeza e retirada de sedimentos;
- Prever a conexão (sem possibilidade de contaminação) de água potável com o reservatório de armazenamento, assegurando o consumo diário por ocasião de estiagens prolongadas;
- Prever dispositivo no fundo do reservatório de armazenamento para evitar turbulência evitando a ressuspensão do material sedimentado;
- Diferenciar as linhas de coleta e de distribuição de águas pluviais, as conexões e as torneiras externas para evitar consumo como água potável e conexões cruzadas;
- Deverão ser colocadas placas indicativas junto das torneiras de acesso geral, com a inscrição “água não potável”;
- Monitorar de maneira programada a qualidade da água distribuída

Quadro 4 - Componentes básicos de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva

Captação	Condução	Tratamento	Armazenamento	Distribuição
Telhados	Calhas	Filtros de material grosseiro	Reservatórios ou cisternas	Tubulações, conexões e peças de utilização
Lajes	Caixas de amortecimento	Filtros de material fino		
Toldos	Tubos de queda, conexões e condutores horizontais	Dispositivos de descarte de primeira chuva		
Pátios específicos	Caixas de desvio e inspeção	Equipamentos de desinfecção		

Fonte: Gonçalves (2009).

A prática do aproveitamento em edifícios urbanos cresce em todo o Brasil, e independente de o sistema conter os subsistemas e componentes básicos, este proporcionará água em quantidade adequada aos usos indicados se o mesmo for bem dimensionado e executado (GONÇALVES, 2009). A preocupação com esse crescimento é consistente, haja vista que em razão, sobretudo, da necessidade de bombeamento da água a uma altura maior, e da construção de infraestruturas os impactos ambientais podem aumentar aproximadamente de 10%-20% para algumas categorias que devem ser consideradas (VIALLE et. al. 2015).

2.3.3 Área de captação

A área de captação é a “área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada” (ABNT, 2007). A área de captação, na maioria dos casos, diz respeito a superfície de telhados e suas dimensões influenciam no volume de água reservado. Quanto maior a área de captação, mais chuva poderá ser coletada, e maior a possibilidade de suprir a demanda (YANG, 2002). Waked et. al. (2013), simularam um sistema de armazenamento da água pluvial para avaliar o efeito das áreas coletoras e do volume de reservatório na sua eficiência e puderam observar que a área coletora menor que 100m² limita a eficiência do sistema de armazenamento, e que em áreas maiores o fator limitante de eficiência passa a ser o volume do reservatório.

A captação da água dos telhados, local de captação de interesse neste trabalho, é vantajosa pois não sofre influência direta do tráfego de pessoas e veículos, além de poder contar, em quase todos os casos, com a gravidade para levar a água para o reservatório (HAGEMANN, 2009). Entretanto, é oportuno lembrar, que no caso dos telhados normalmente inclinados em projeção horizontal, a determinação dessa área deve seguir o estabelecido pela NBR-10844: Instalações prediais de águas pluviais.

Mahmoud et.al. (2014), avaliaram seis locais potenciais que poderiam ser escolhidos para captar a água de chuva com uma área de captação (telhado) total de 39,558 m². O potencial de aproveitamento da água de chuva na cobertura foi de 0,033 m³ por unidade de área, o que os fez recomendar a adoção de sistemas nas “empresas públicas, edifícios governamentais e áreas residenciais para a gestão pró-ativa e para minimizar o escoamento e melhoria do ambiente seco”.

Os telhados para coleta da água da chuva, citados por Anecchini (2005), podem ser de telha cerâmica, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, vidro, acrílico, ou mesmo, de concreto armado ou manta asfáltica. A escolha do tipo de material, segundo Hagemann (2009), deve buscar evitar a contaminação da água da chuva devido a componentes tóxicos, que possam ser lixiviados no decorrer da precipitação.

É importante ressaltar que o tipo de material utilizado nos telhados interfere no sistema de aproveitamento da água da chuva por definir o coeficiente de escoamento (C), ou seja, por definir a parcela de água precipitada que vai efetivamente escoar.

Para minimizar a interferência é preferível utilizar revestimentos de menor absorção de água, e que tenham um maior coeficiente de escoamento (C), que é o quociente entre a água

que escoar pela superfície de captação pelo total de água precipitada, minimizando assim as perdas, já que nem toda água precipitada é coletada (ANNECCHINI, 2005). A Tabela 1 apresenta alguns valores de C por revestimento.

Tabela 1 - Valores de C para alguns tipos de telhado

Material do telhado	Coefficiente de escoamento
Telha cerâmica	0,8 a 0,90
Telha esmaltada	0,90 a 0,95
Telha metálica	0,80 a 0,90
Plástico	0,9 a 0,95
Cimento Amianto	0,80 a 0,90
Telhados verdes	0,27
Pavimentos	0,40 a 0,68
Telha cerâmica	0,8 a 0,90
Telha esmaltada	0,90 a 0,95

Fonte: Adaptado de Annecchini (2005) e Tomaz (2007).

É impreterível destacar a recomendação da NBR 15527/2007 quanto a utilização de produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, como a pintura do telhado. Nesses casos o sistema deve ser desconectado para que esses produtos não sejam levados ao reservatório de água de chuva. A norma adverte que a reconexão seja feita somente após a lavagem adequada ter eliminado risco de contaminação.

2.3.4 Dispositivos de recolha e descarte de águas pluviais

Nos sistemas de aproveitamento de água de chuva a primeira água pode ser ou não descartada, dependendo do fim a que se destina essa água. O descarte ocorre pelo acúmulo de poeiras, folhas, detritos que pode ocorrer nos telhados assim que ocorre um período sem chuva. Para Tomaz (2010), após três dias de seca o telhado já acumula essas fontes de impurezas, e o first flush (primeira água descartada) varia de 0,4 L/m² de telhado a 0,85 L/m² de telhado conforme o local. Na falta de dados locais sugere-se o uso do first flush no valor de 0,2 L/m² de área de telhado.

“O volume de água descartada depende das condições ambientais, da área do telhado, do regime de chuvas e da quantidade de água passível de descarte sem que haja

comprometimento significativo das reservas do usuário” (GONÇALVES, 2009). Segundo constatado por Anecchini (2006), 1 mm é um adequado valor de descarte, e que somado a remoção de folhas o tratamento simplificado confere qualidade compatível para ser aproveitada para fins não potáveis atendendo inclusive à maioria dos parâmetros estabelecidos em padrões de balneabilidade (CONAMA N°274/00), da Resolução CONAMA N°357/05 para corpos de água doce e de potabilidade da já revogada Portaria N°518/04 do MS.

A respeito da qualidade associada ao dispositivo de descarte Souza et. al (2011), avaliaram a aplicabilidade de dispositivos de descarte automático das primeiras águas de chuva como barreiras sanitárias, por meio da investigação da qualidade da água encaminhada a um sistema com duas cisternas sendo uma dotada do sistema de descarte e a outra não. Foram analisados dois tipos de dispositivos de desvio de descarte das primeiras águas: um têm funcionamento fundamentado no princípio do fecho hídrico e o outro no princípio dos vasos comunicantes. Os autores puderam constatar que os dispositivos de descarte utilizados tiveram influência positiva em reduzir substancialmente a concentração de importantes variáveis indicadores da qualidade da água.

Complementando, para reter os materiais grosseiros, folhas, e galhos acumulados no telhado, pode se utilizar grades ou filtros, colocados juntos às calhas ou nas tubulações verticais. Gonçalves (2009), destaca que em determinadas circunstâncias, mesmo com o descarte a água escoada poderá conter material particulado e nesses casos será necessário contar com um filtro de finos.

Os dispositivos de descarte da água do first flush podem ser instalados nos condutores horizontais (calhas) e verticais (tubulações) e recomenda-se sua operação automática (TOMAZ, 2007). É relevante a sugestão de Giacchini (2010), de higienização desses dispositivos de descarte inicial a cada evento de chuva registrado por observar o acúmulo de lodo após cada chuva. Porém a NBR 15527/07 recomenda limpeza mensal.

Os condutores horizontais e verticais transportam as águas pluviais coletadas até os reservatórios de armazenamento, após passagem pelos reservatórios de descarte. As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/ 89. Ressalta-se que o dimensionamento das calhas e condutores são baseados em vazões de pico para determinado período de retorno escolhido.

2.3.5 Sistema de reservação de águas pluviais

Para reter a água da chuva coletada utiliza-se o reservatório de armazenamento. O volume é calculado em base anual, considerando-se o regime de precipitação local e demanda específica de cada edificação. No entanto, como visto no tópico 2.2.4, a precipitação não é distribuída uniformemente, e por este motivo utilizar dados de pluviosidade anual e mensal podem conduzir a erros de dimensionamento do reservatório (CHENG-LI, 2003).

Por todos os argumentos apresentados, é consensual na literatura pesquisada, que a regularidade da pluviosidade e a confiabilidade do sistema são fatores diretamente proporcionais, sendo que o segundo é conferido pela eficiência do volume do reservatório em garantir os usos da água. O volume do reservatório por sua vez, depende do conhecimento preciso sobre as características da demanda específica por água de chuva do prédio.

Comprovadamente, o dimensionamento de um sistema de reservação sofre interferência, principalmente, da área de captação, da demanda a ser atendida e da distribuição da chuva (YANG, 2002). A demanda influencia fortemente o dimensionamento de reservatório de água de chuva, e podem ocorrer situações de super, ou sub dimensionamento dos mesmos. O superdimensionamento encarece o sistema, enquanto o subdimensionamento torna insatisfatório o abastecimento (ANNECCHINI, 2005).

Embora aumentar o volume do reservatório implique em maior armazenamento de água, e maior confiabilidade do sistema, haverá a necessidade de mais espaço e de aumentar a estrutura de carga (YANG, 2002), que nem sempre podem ser atendidos, sobretudo em grandes centros urbanos.

Sendo assim, o dimensionamento criterioso evita inviabilização da implementação do sistema, já que o reservatório, segundo a ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), é o componente mais dispendioso. O ideal é trabalhar numa margem de confiabilidade do sistema. Essa margem, conforme Annetchini (2005), deve considerar a disponibilidade de investimento no sistema e modelos de dimensionamento de reservatórios. Para Akter e Ahmed (2015), a análise de custo e benefício e pay-back no período cumprem papel importante na tomada de decisão para dimensionamento do tanque de armazenamento.

A NBR 15.527/2007 sugere em seu Anexo A, alguns métodos para o dimensionamento do reservatório. São eles: Método de Rippl; Método da simulação; Método Azevedo Neto; Método Prático Alemão; Método Prático Inglês; e Método australiano.

Em uma análise comparativa de métodos de dimensionamento, Giacchini (2010b), observou divergências entre os métodos propostos no Anexo A da NBR 15527, o método da Lei Municipal 15527/2007 do Município de Curitiba, o método de Fendrich (2002), e o método dos Dias sem Chuva. A justificativa para essa divergência está, segundo a autora, nas diferentes

naturezas de cada método. Essa análise realça a necessidade de uma análise holística dos aspectos que envolvem o dimensionamento de reservatórios de água de chuva. Sugere-se ao projetista na escolha do método de dimensionamento fazer a simulação dos diferentes métodos, a análise da relação entre a concepção do método e a situação estudada e a observância aos aspectos relativos à sustentabilidade da bacia hidrográfica.

Anneccchini (2005), utilizou o Método de Rippl, o Método Iterativo e o Modelo Comportamental (com os algoritmos PAE e PDE) em seu estudo. O Método Iterativo é uma adaptação do Método de Rippl, proposto pela autora, que, assim como o de Rippl, faz um balanço de massa do sistema, e tem o volume do reservatório pré-determinado pelo programador, passando este a ser um dado de entrada para a planilha de cálculo. O Modelo Comportamental: simula a operação do reservatório num período de tempo, utilizando algoritmos. Ao fim, a autora analisou os resultados e observou que os resultados obtidos pelo Método Iterativo e pelo Modelo Comportamental (PAE) são bastante realistas, propondo volumes menores de reservação sem, entretanto, perder em eficiência de atendimento à demanda de água não potável. A saber, o Modelo Comportamental de algoritmo PAE, resultou em um volume de 5,0 m³ para atendimento à 100 % da demanda residencial de 4,9 m³/mês, enquanto o Método de Rippl gerou volumes exagerados para os sistemas em questão.

Convém evidenciar, que armazenar grandes volumes de água de chuva nas edificações, por longos períodos de tempo, pode comprometer a segurança sanitária da água armazenada e, ainda interferir no processo do ciclo do uso da água na bacia hidrográfica. Deve ser realizada a higienização do reservatório de água de chuva, com remoção do lodo e higienização do reservatório de forma trimestral ou semestral segundo as características locais e o sistema implantado (GIACCINI, 2010a).

2.3.6 Qualidade da água de chuva

A qualidade da água pluvial sofre influência de fatores como localização geográfica do local de captação, proximidade do sistema de áreas vegetadas, e condições meteorológicas. Esses fatores têm relação direta com a quantidade, diversidade e permanência do que é depositado na área de captação. No caso dos telhados, a influência ocorre pela presença de poeira, matéria orgânica, fezes de aves e roedores, artrópodes e outros animais mortos em decomposição, e de materiais passíveis de se soltar da cobertura, que podem ser lavados e carreados ao reservatório (ANECCINNI, 2006; GONÇALVES, 2009; GWENZI et. al, 2015; REBELLO, 2004).

A relação direta das condições meteorológicas e grau de poluição atmosférica com a qualidade da água de chuva foi obtida por Vieira-Filho et. al. (2015) em uma comparação da qualidade da água de chuva entre a megacidade de São Paulo (MASP), onde as fontes de poluição atmosférica são predominantemente a grande frota veicular, e Cubatão onde predominam as fontes industriais (111 fábricas), ambas no Brasil, de julho de 2009 a agosto de 2010. Os autores observaram que em Cubatão a pior qualidade do ar e as maiores concentrações de acidez (pH igual a 4,8) e sulfato (SO_4^{2-} igual a $5,3 \mu\text{molL}^{-1}$) ocorrem não só por causa das fontes, mas também da topografia e velocidade do vento que dificultaram a dispersão dos poluentes embora haja maior emissão de poluentes em São Paulo (pH igual a 7,1 e SO_4^{2-} igual a $24,5 \mu\text{molL}^{-1}$). A deposição de enxofre ($17 \text{ Kg S ha}^{-1}\text{y}^{-1}$) foi 2,7 vezes maior que em MASP que eliminou 61% do nitrogênio total como NH_4 .

Nakada e Moruzzi (2014), estudaram a variabilidade da qualidade de águas pluviais escoadas e armazenadas e constataram que a variabilidade é maior no período estiagem e vai diminuindo com o aumento da frequência de chuvas, e que a maior influência é causada pela deposição de sólidos e pela deposição de matéria orgânica durante o período seco, o que demanda por tecnologias flexíveis de operação do sistema.

Assim, cabe, oportunamente, destacar que a esse respeito a literatura é unânime em afirmar que a primeira chuva é mais poluída, em decorrência da lavagem dos poluentes presentes na atmosfera.

Vaccari Anecchini (2006), constatou que os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos e que ao longo do evento chuvoso ocorre uma melhora na qualidade da água da chuva. Outrossim, a autora também verificou que ao passar pela superfície de captação, a qualidade da água da chuva piora, em virtude do carreamento do material que se deposita sobre esta superfície durante o período de estiagem, aumentando significativamente os valores médios das variáveis de dureza (8,4 para 19,8 mg/l), cloretos (4,1 para 14,5 mg/L), sulfato (3,9 para 13,3 mg/L), pH (6,09 para 6,84), alcalinidade (1,8 para 18,5 mg/L), DQO (8,9 para 32,2 mg/L), DBO (2,7 para 6,4 mg/L) e ST (47,3 para 204,5 mg/L) e SDT (39,6 para 157,9 mg/L).

Hagemann (2009), analisou, em 16 eventos de precipitação no período de 26 de abril a 29 de novembro de 2008, a qualidade de água da chuva coletada após passar pelo do telhado da Universidade Federal de Santa Maria considerando 5 séries. A autora encontrou valores médios de pH entre 7,1 e 7,4, Cor entre 5 e 31 (PtCo), Turbidez entre 12-35 (NTU), Dureza entre 33,5-52,1, Sólidos entre 18-148 (mg/L), sólidos dissolvidos entre 25-80 (mg/L), Coliformes Totais e *E. Coli* entre 5-24 (NMP/100ml), Condutividade entre 54-115, DBO e DQO entre 4-7 e 3-42 respectivamente.

A qualidade da água de chuva também foi analisada por Vacari (2015), em um edifício no campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. Neste estudo foram analisadas quinze variáveis de qualidade da água captada de módulos experimentais, inclusive de telhado convencional e de módulos experimentais de três telhados verdes com vegetações diferentes. Os resultados de turbidez no telhado convencional obtiveram valores menores que 5 NTU, enquanto a cor obteve medianas de 2 PtCo, a condutividade variou de 14 a 214 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a DBO variou de 1,67 a 5,8 mg/l, os sólidos totais de 0 a 0,16 mg/L e o pH de 6,9 a 7,58.

Além da variação da qualidade da água com relação ao grau de poluição do ambiente o tipo e o manejo da área de captação e o uso de dispositivos de descarte, filtro/tela, podem alterar as características naturais da água de chuva, pois regulam o que será carreado ao reservatório.

Quanto ao dispositivo de descarte e sua relação com a qualidade da água, Souza et. Al. (2011), encontraram concentração da turbidez, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais e sólidos dissolvidos totais, com reduções de 79% (65,79 - 14,03 UT), 95,5% (21.780 - 980 NMP/100 mL), 94,39% (1.070,5 - 60,5 UFC/mL) 15% (43,60 para 36,90 mg/L) respectivamente, para o dispositivo de descarte com o princípio de fecho hídrico. Para o dispositivo de descarte de desvio com princípio de vasos comunicantes foram observadas reduções de 23% na turbidez (58,7 - 45,3 UT) e 44,55% (9.090 - 5.040 NMP/100 mL) para coliformes. Quanto aos sólidos dissolvidos totais no princípio vasos comunicantes houve aumento no teor de sólidos dissolvidos de 53,80 mg/L para 65,20 mg/L (21%).

Assim como o material particulado, parcela de sólidos dissolvidos e de microrganismos na água captada pelo sistema, logicamente, são fruto do processo de lavagem das áreas de captação, que leva substâncias finamente particuladas para o reservatório. Logo, a presença de sólidos e microrganismos no reservatório deteriora a qualidade das águas pluviais, conferindo a mesma sabores e odores, além de potencializar os riscos à saúde (GONÇALVES, 2009).

Gwenzi et. al. (2015), chamam a atenção dos países desenvolvidos para atentar a presença de contaminantes emergentes como PAHs (hidrocarbonetos poliaromáticos), substâncias cancerígenas e nanopartículas de desregulação endócrina associados aos avanços em produtos farmacêuticos e nanotecnologia.

O risco a saúde, conforme Gonçalves (2009), resulta da possibilidade de haver na água a presença de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, Salmonela entre outros microrganismos, o que implica provavelmente em falhas ou insuficiência no tratamento dessas águas. Para Gwenzi et. al. (2015), esse risco existe da origem ao ponto de utilização e os mecanismos de contaminação compreendem deposição atmosférica, lixiviação dos que se acumula e se desprende do telhado.

A presença de bactérias do grupo coliforme e dos indicadores fecais foi registrada em um estudo no sudoeste da França, nas amostras coletadas do tanque de armazenamento. A 22 ° C, a contagem de bactérias variou de 10 a 6.3210^5 organismos / mL. Foi identificada a presença de *E. coli* em 79% das amostras e *Enterococcus* (máximo de 10.000 UFC / 100 mL) simultaneamente. Cistos de *Giardia* (0,0050 n / 100mL) e o patógeno *Legionella pneumophila* também foram encontrados (Vialle et. Al., 2011).

Nakada e Moruzzi (2014), também analisaram águas armazenadas utilizadas e verificaram em 43 amostras de precipitação, coletadas entre março de 2010 e abril de 2012, valores médios de cor aparente de 66,36 uH, turbidez igual a 12,58 uT, coliformes totais e *E. coli* iguais a 1×10^4 e 2×10^3 NMP/100 mL respectivamente, pH igual a 6,80 e sólidos sendo ST e STD iguais a 141,33 e 129,32. Giacchini, et. al. (2013), encontrou valor de pH variando de 7,03 a 7,88, Cor (PtCO) 2,50 a 25, Turbidez (NTU) 0,35, a 1,63, e coliformes totais e *E. Coli* (NMP/100ml) >23 em água de chuva armazenada após o período de sete dias em reservatório fechado.

Posta assim a questão, em se tratando de buscar a melhoria da qualidade da água e redução do risco, é recomendado que haja a desinfecção mesmo para os usos não potáveis. Além do tratamento, descartar a água do first flush e manter a frequência certa de higienização dos equipamentos e componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva (GIACCHINI, 2010; REBELLO, 2004).

Como se pode perceber a manutenção dos componentes ajuda a controlar a qualidade da água, e a NBR 15527/07 prevê a frequência de manutenção dos componentes do sistema. Em contrapartida, Giacchini (2010b), avaliou as condições de higiene e acúmulo de lodo no reservatório da sua área de estudo, e com base na quantidade de lodo acumulado no reservatório durante a pesquisa, sugere a remoção do lodo e higienização do reservatório de forma trimestral ou semestral, de acordo com as características locais e do sistema implantado, e não anualmente como previsto referida norma.

Os requisitos de qualidade das águas pluviais são definidos de acordo com o uso previsto. Quanto aos usos mais restritivos a NBR, 15527/07 recomenda os valores apresentados na Tabela 2.

Mesmo sem legislação específica para a água da chuva, diversas recomendações como as da NBR 15527/07 devem ser observadas, sobretudo o uso para fins não potáveis. Infelizmente em regiões em desenvolvimento como a África Subsaariana (GWENZI et. al. 2015), as comunidades estão susceptíveis a utilizar águas de chuva sem tratamento, após passarem pelo telhado, para beber devido a centralização dos sistemas de tratamento de águas.

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerâtes	Semestral	Ausência em 100ml
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos <5,0
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
pH	Mensal	6,0 a 8,0

NOTAS: uT é a unidade de Turbidez. uH é a unidade Hazen.

FONTE: ABNT (2007)

Finalizando, mesmo para usos menos exigentes há algumas exigências mínimas quanto a qualidade a serem atendidas. No caso dos usos realizados nas edificações e propostos aqui, o manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações da ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), lista estas essas exigências:

- *Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:* não deve apresentar mau-cheiro; não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- *Água para descarga em bacias sanitárias:* não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve deteriorar os metais sanitários; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- *Água para lavagem de veículos:* não deve apresentar mau-cheiro; não deve ser abrasiva; não deve manchar superfícies; não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem; não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentadas as características da área de estudo e do Sistema de Aproveitamento de água de chuva para alimentar bacias sanitárias e mictórios dos banheiros da Faculdade de Economia da Universidade Federal de Mato Grosso. É descrita ainda a metodologia utilizada acerca da temática: Potencialidade de aproveitamento de Água de Chuva; levantamento do consumo de água no prédio; análise da qualidade da água, e avaliação econômica do sistema. O estudo compõe uma pesquisa bibliográfica documental, com finalidade prática, do tipo exploratório e descritivo, composto por pesquisa de campo.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

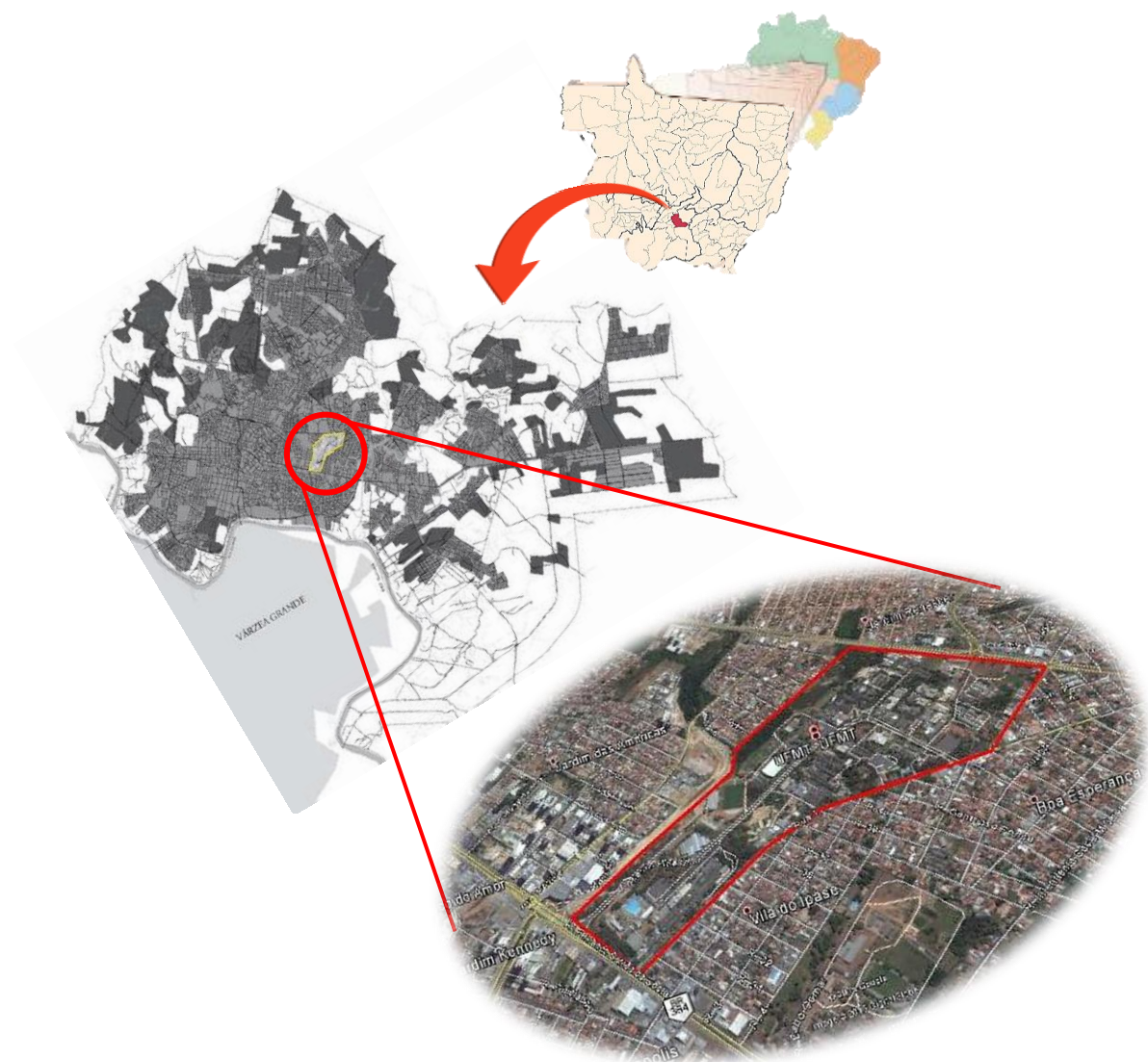
Cuiabá é a capital do estado de Mato Grosso, localizada na região Centro-Oeste do Brasil. Possui 3.495,424 km² de extensão territorial, com uma população de aproximadamente 551.098 habitantes (IBGE, 2010). O clima da cidade, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, (tropical semiúmido), com quatro a cinco meses secos e duas estações bastante definidas, uma seca e uma chuvosa.

Para o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2013), a temperatura máxima média gira em torno dos 32,6°C, a temperatura média 25,6°C e a temperatura mínima média 20,7°C. A precipitação média anual é de 1.315,1 mm, com intensidade máxima ocorrendo no período chuvoso de outubro a abril, enquanto que entre maio e setembro, as massas de ar seco sobre o centro do Brasil inibem as formações chuvosas, período também de baixa umidade relativa do ar.

A Universidade Federal de Mato Grosso, instituída em 10 de dezembro de 1970 por meio da Lei nº 5.647, está localizada, em Cuiabá (campus-sede), na Avenida Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, no bairro Boa Esperança. A Figura 6 apresenta a localização da UFMT.

O campus Cuiabá conta com mais de 73 cursos de graduação, e com aproximadamente 9727 alunos, 1600 alunos de Pós-graduação, e com 2199 funcionários. No apoio as atividades há laboratórios de áreas específicas e de uso coletivo, como o herbário e o biotério de posse da UFMT, zoológico, ginásio de esportes, parque aquático, museus, teatro, orquestra, coral e biblioteca, além disso dispõe de uma unidade de restaurante universitário. Ressalta-se ainda, que a UFMT abriga a Estação Climatológica Mestre Bombled, sob responsabilidade do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT.

Figura 6 - Localização da UFMT



Fonte: Adaptado de Franco et al. (2010) e Google Earth (2015)

A Faculdade de Economia-Pós-Graduação (FE), situa-se próximo à entrada principal da UFMT (Figura 7), e conta com um projeto piloto de aproveitamento de água pluviais. O prédio onde o sistema foi instalado tem uma área construída em três pisos, totalizando 2.457,67 m², que abriga salas administrativas, salas para professores, e algumas salas de aula. O prédio é pouco frequentado, se comparado a outras unidades do campus. A população que utiliza o sistema é composta por 30 professores do curso de economia, 7 técnicos administrativos, 3 estagiários, além de funcionários que trabalham na manutenção do prédio, e 51 alunos do programa de pós-graduação em Agronegócios e Desenvolvimento Regionais matriculados no ano de 2015, sendo que destes apenas 18 são alunos regulares da turma 2015 e os demais são

alunos especiais e da turma e 2014 que já se encontram em fase de realização da dissertação, portanto utilizam com menor frequência as instalações do prédio.

Em cada piso do prédio há banheiros femininos e masculinos. Os banheiros femininos possuem 5 bacias sanitárias; 1 chuveiro; 5 duchas higiênicas; 5 torneiras de lavatório com fecho automático; e 1 torneira de uso geral. Já os banheiros masculinos têm 3 bacias sanitárias; 1 chuveiro; 3 mictórios; 5 torneiras de lavatório com fecho automático; e 1 torneira de uso geral.

Figura 7 - Localização do sistema de aproveitamento de águas pluviais da FE



Fonte: adaptado do Google Earth (2015)

2.4.1 Sistema de captação de água de chuva

O prédio da FE comporta um sistema de instalações hidráulicas prediais de abastecimento para uso de água potável e para uso de água de chuva. Em resumo o sistema é composto por área de cobertura do prédio, calhas e condutores verticais, reservatório de água pluvial inferior, recalque, reservatórios superiores de água potável e de chuva e instalações hidráulicas de distribuição.

A cobertura do prédio da FE (Figura 8) com 821,36m² em telhas de Cimento Amianto atua como área de captação da precipitação alimentando o sistema de abastecimento de água de

chuva. A condução da água pluvial é feita por calhas metálicas e por condutor vertical em PVC. A Figura 9 apresenta a planta de cobertura do prédio com sentido de escoamento da água.

Figura 8 - Cobertura do prédio da FE que intercepta a água da chuva



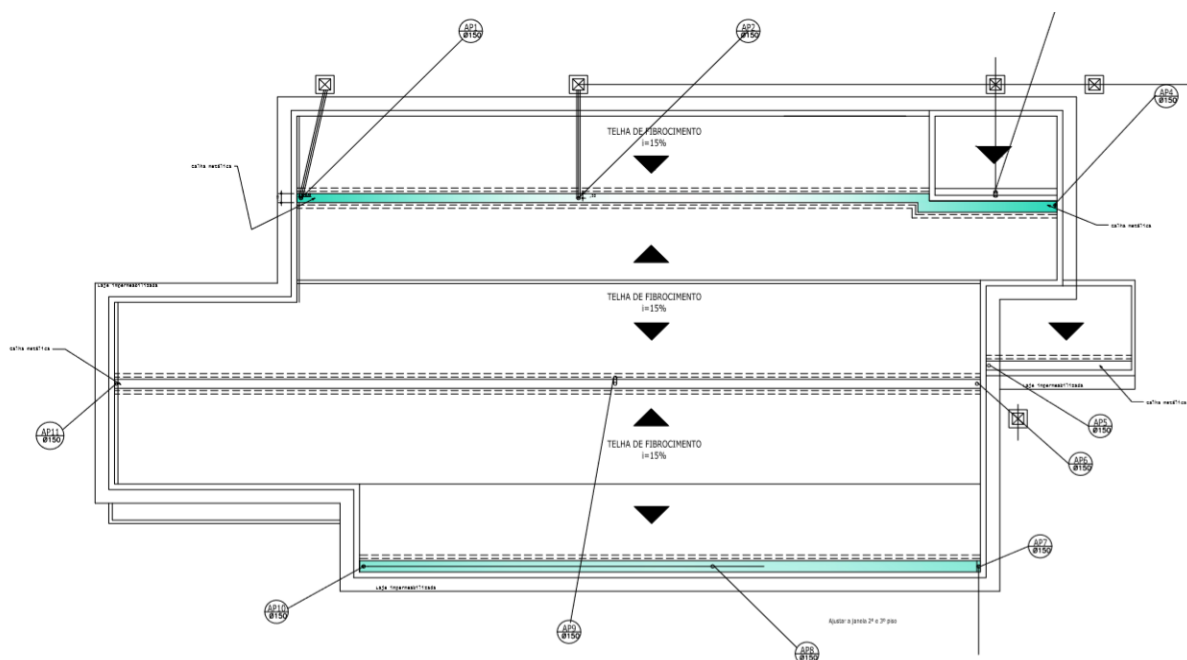
A) Visão geral da cobertura



B) Detalhe do condutor vertical

Fonte: o autor (2015)

Figura 9 - Planta de cobertura da FE

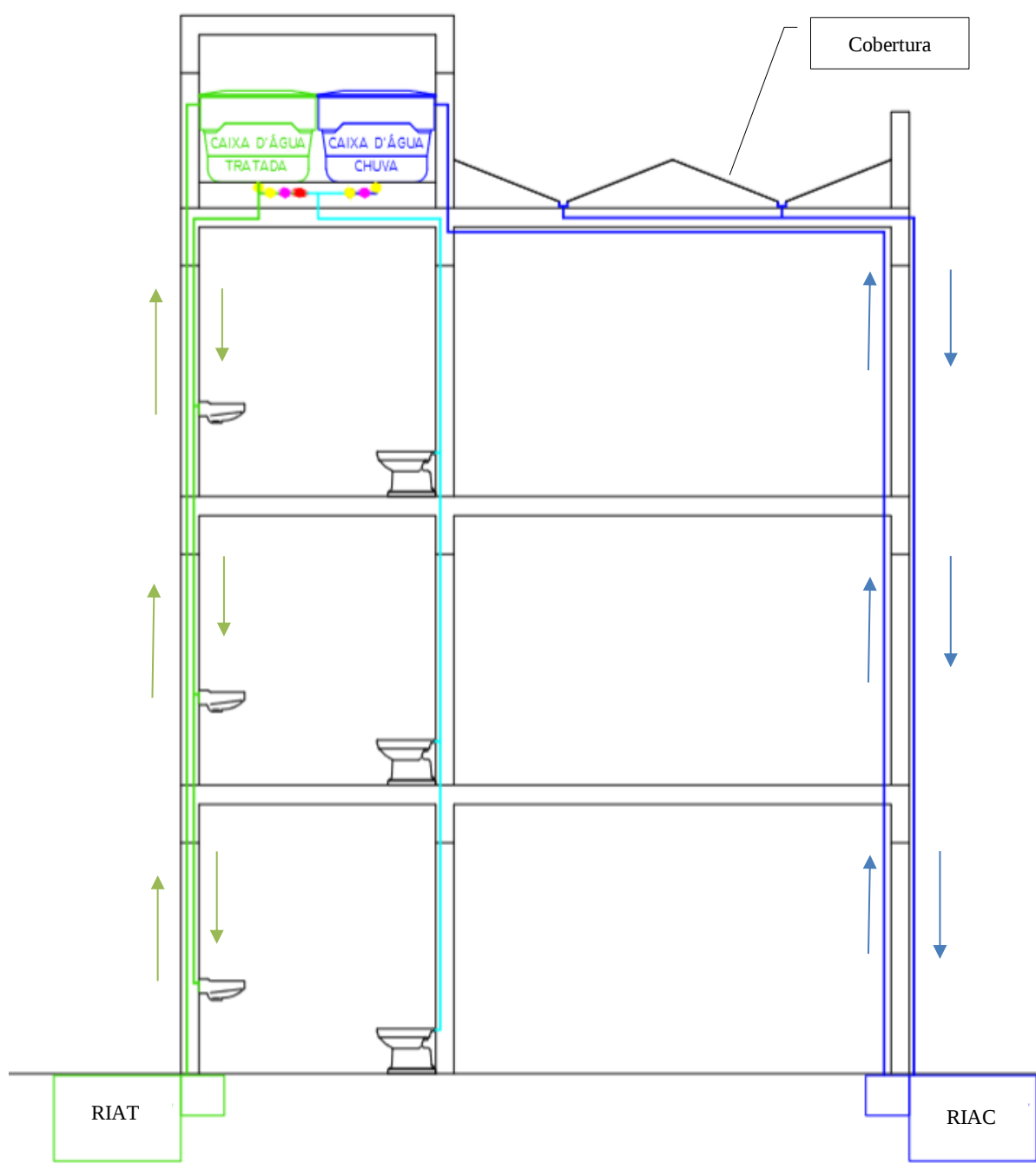


Fonte: Coordenação de Planejamento da PROPLAN, 2015

O reservatório inferior capaz de armazenar 20m³ de água de chuva é apresentado pela Figura 10. Existe ainda um reservatório inferior que recebe e armazena a água potável da concessionária. Na Figura 11 é possível observar a localização desses reservatórios inferiores.

Com a ajuda de um sistema de recalque automatizado a água é elevada do reservatório inferior de água de chuva ao reservatório superior de 3 m³ de capacidade instalado na laje do prédio. Completando o sistema há um reservatório superior (3m³) abastecido por água potável recalcada do reservatório inferior que é acionado quando se esgota a reserva de água pluvial. A partir da Figura 12 tem-se uma visão geral do sistema.

Figura 12 - Visão geral do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva na FE



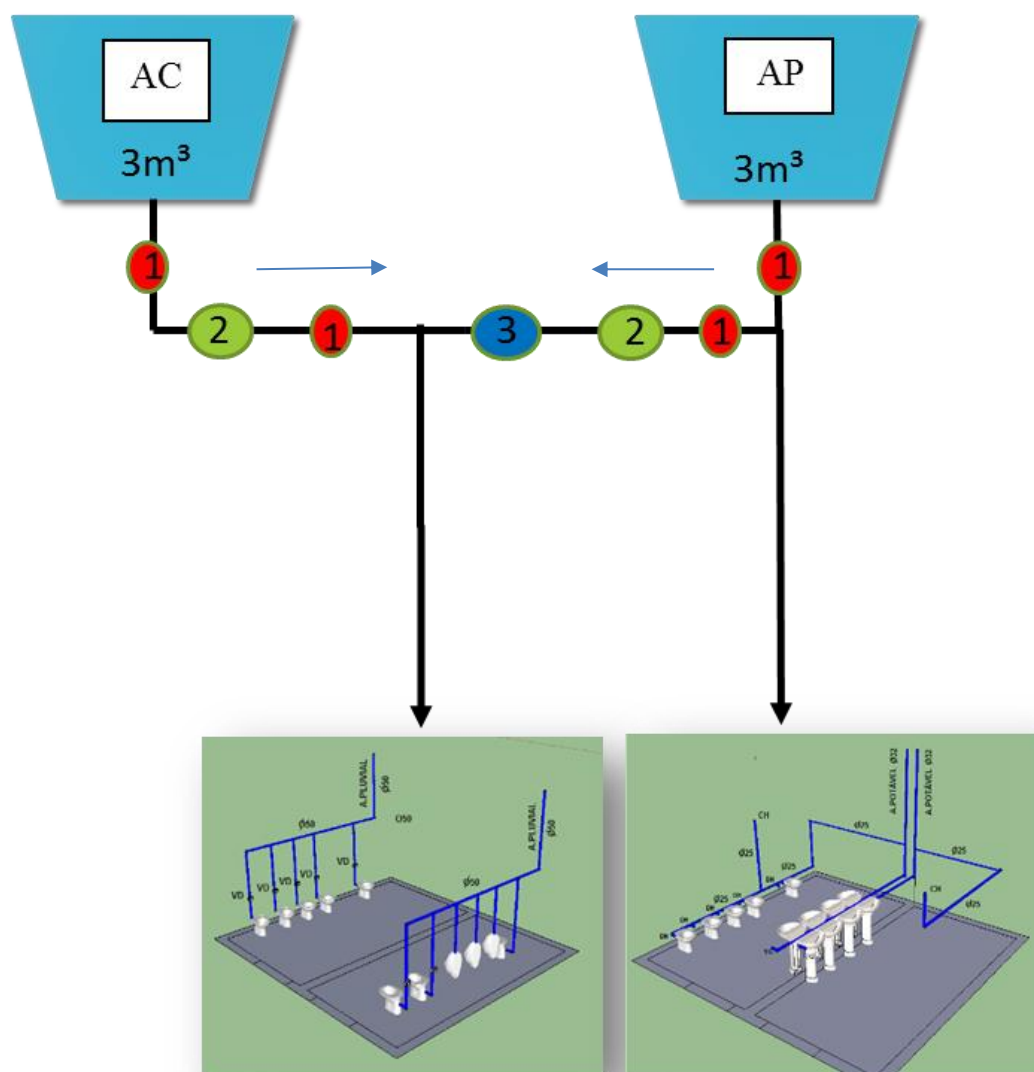
RIAT: Reservatório Inferior de Água Tratada. RIAC: Reservatório Inferior de Água de Chuva

Fonte: o autor (2015)

No esquema da Figura 13 é detalhada configuração dos dois reservatórios de 3m³. As águas de chuva são utilizadas atualmente apenas para abastecer vasos sanitários e mictórios dos banheiros coletivos. O fornecimento de água pluvial para atender vasos e mictórios, independe do de água potável que abastece lavatórios, ducha higiênica, torneiras de uso geral e chuveiros. Ou seja, existe uma coluna para cada tipo de água.

No entanto uma válvula de retenção e registros de água localizados após cada reservatório impedem que seja consumida água potável enquanto haja água pluvial disponível, bem como visam evitar os efeitos da conexão cruzada. Os reservatórios de 3m³ podem ser observados na Figura 14.

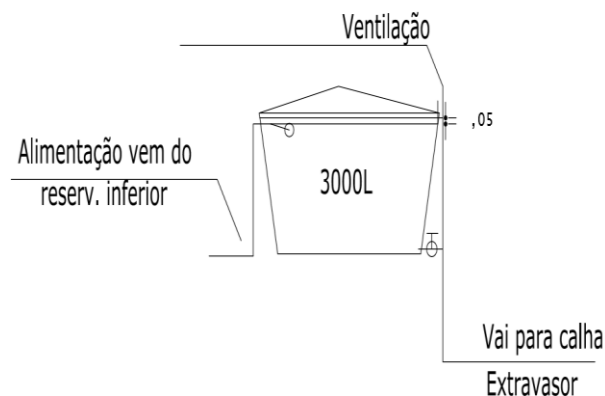
Figura 13 - Configuração das Instalações hidráulicas a partir dos reservatórios superiores do Sistema de aproveitamento de água de chuva da FE



AP: Água Potável. AC: Água de chuva. 1: Registros. 2: Hidrômetros. 3: Válvula de retenção.

Fonte: autor (2015).

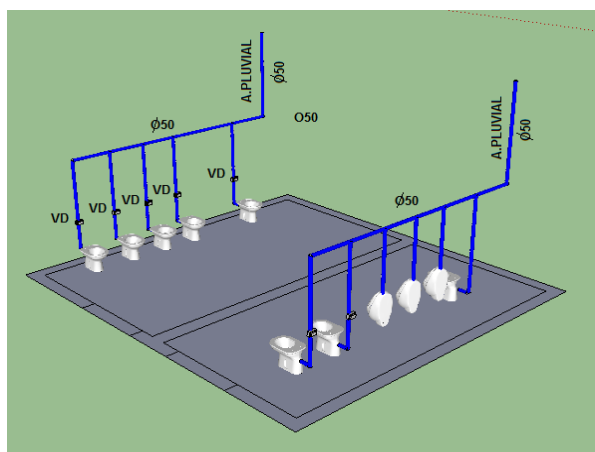
Figura 14 - Sistema de reservação superior de água potável e pluvial da FE



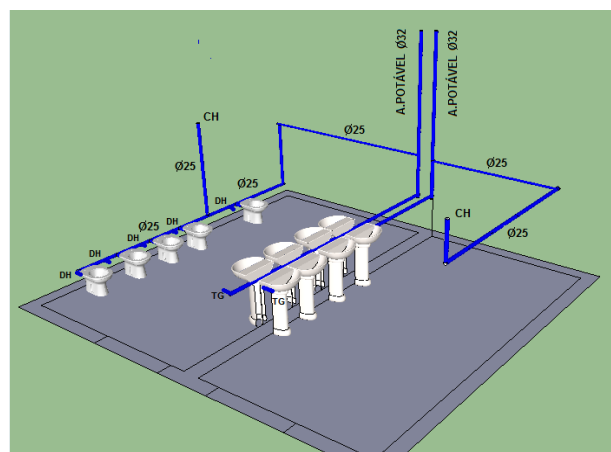
Fonte: O autor e Coordenação de Planejamento da PROPLAN, 2015

Quando se pretende utilizar água potável nas bacias sanitárias os registros localizados após o reservatório de água de chuva são fechados. A Figura 15 detalha melhor a isométrica das instalações hidráulicas de água pluvial e potável do sistema.

Figura 15 - Isométrica das instalações hidráulicas de água pluvial e potável na FE



A) Água pluvial



B) Água potável

Fonte: autor (2015).

Convém elucidar que quando ao reservatório de armazenamento de 20m³ se enche, o volume extra é direcionado à galeria de águas pluviais existente na UFMT e posteriormente é lançado do córrego do Barbado. Além disso, o sistema de aproveitamento de água de chuva não

possui filtros e telas para remoção de materiais grosseiros nem um meio de descarte da primeira chuva.

2.5 AVALIAÇÃO DA CONCEPÇÃO E COMPORTAMENTO DO SISTEMA

A pesquisa foi realizada no período de dezembro de 2014 a dezembro de 2015. Para a avaliação da concepção do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) foram analisados os índices pluviométricos da cidade de Cuiabá, e a partir dessa análise foi definido o Volume Aproveitável de água no Prédio da FE, para ponderar a viabilidade do sistema nesse quesito, e foi aplicado o método de Azevedo Neto, o método de Rippl e o método dos Dias Sem Chuva para determinação e análise do volume hipotético do reservatório.

A avaliação do desempenho analisou o funcionamento do SAAC em comparação às recomendações da NRB 15527/2007 e contou com a definição de três indicadores, sendo eles: Indicador de qualidade da água da chuva (IQ); Indicador de consumo de água (IC); Indicador Econômico do período de retorno do investimento do sistema (IE).

A metodologia dos aspectos da avaliação da concepção e funcionamento do SAAC são descritos a seguir.

2.5.1 **Análise dos índices pluviométricos**

Os Índices pluviométricos adquiridos por meio do INMET foram fornecidos pela Estação de Medição de dados Pluviométricos Cuiabá - MT (OMM: 83361), localizada a 145° de altitude, -15,61 (graus) de latitudes e a -56.1 (graus) de longitude. Os dados foram obtidos através de uma série histórica de 1961 a 2015 resultando em médias anuais e mensais. Também foram utilizados dados de médias acumuladas mensais dos anos de 2005 a 2015.

Além disso, também foram analisados diferentes aspectos da precipitação como a variabilidade sazonal a partir da análise dos índices pluviométricos, o número de dias sem chuva, o intervalo entre as precipitações e o máximo volume registrado em um dia no período analisado.

2.5.2 **Determinação do volume aproveitável de água de chuva**

Para determinar o volume de água aproveitável que teoricamente poderia ser captado pela área de cobertura do prédio da FE foi levantado o comportamento sazonal das chuvas em Cuiabá.

O potencial de aproveitamento de água de chuva foi determinado com base no índice pluviométrico para o Campus da UFMT em Cuiabá seguindo a Equação 1, recomendada pela NBR -15.527/2007:

$$V = P * A * C * \eta$$

Onde:

V: volume anual, mensal ou diário de chuva aproveitável;

P: Precipitação média anual, mensal ou diária (mm ou m³);

A: Área de cobertura (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

η : eficiência do sistema levando em conta o dispositivo de descarte.

Com base na literatura consultada, para C foi adotado o valor de 0,90 e para o fator de eficiência do sistema adotou-se o valor de 0,85. As informações sobre a Área de cobertura (821,36m²) foram fornecidas pela PROPLAN.

2.5.3 Aplicação do Método Azevedo Neto

Por ser um método citado na literatura científica como sendo de fácil aplicação, que gera um reservatório de volume relativamente reduzido, que possibilita a subjetividade na identificação dos meses de pouca chuva (Giacchini et. al. 2011), além de ser recomendado pela NBR 15527/2007 e sugerir o aproveitamento máximo de 50% da precipitação anual, em decorrência do escoamento superficial assim como de perdas inerentes ao sistema, o Método Azevedo Neto foi aplicado ao caso a fim de confrontar a realidade existente, e identificar se houve sub ou superdimensionamento do volume do reservatório.

Conforme a NBR 15527/2007 o volume do reservatório de água pluvial pelo método de Azevedo Neto é obtido por meio da Equação 2:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

Onde:

- a) V = volume do reservatório (litros)
- b) P = precipitação média anual (mm)
- c) A = área de coleta em projeção (m²)
- d) T = número de meses de pouca chuva ou seca

2.5.4 Aplicação do Método de Rippl

O método de Rippl também é recomendado pela NBR 15527/2007 e foi aplicado ao caso por considerar não só a dados de precipitação, mas a demanda ou o consumo de água no período observado. O volume do reservatório de água pluvial por meio deste método foi obtido por meio de séries históricas mensais conforme Equação 3:

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

Sendo que:

- a) $S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$
- b) $Q_{(t)} = C * \text{precipitação da chuva}_{(t)} * \text{área de captação}$
- c) $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(1)}$

Onde:

- a) $S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;
- b) $Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;
- c) $D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;
- d) V é o volume do reservatório;
- e) C é o coeficiente de escoamento superficial.

2.5.5 Aplicação do Método dos Dias Sem Chuva

O Método dos Dias sem Chuva foi simulado a partir da série de Máximos Dias Sem Chuva, estabelecido a partir do levantamento da sequência de dias sem chuva em Cuiabá. Neste método o volume do reservatório de água pluvial é obtido por meio de séries históricas mensais conforme Equação 4:

$$V_{Res} = Q_{NP} \times DS$$

Onde:

V_{Res} = Volume do reservatório (litros)

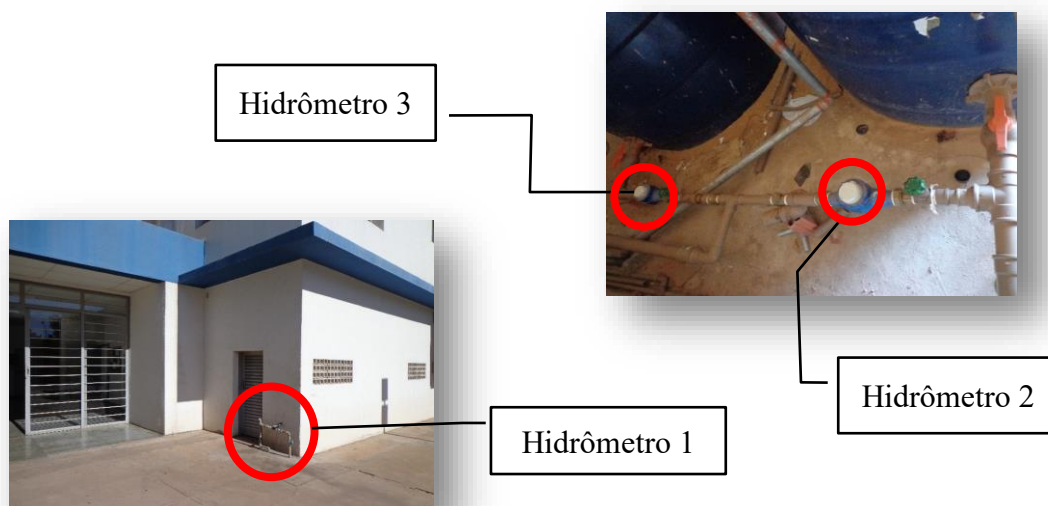
Q_{NP} = Somatório das demandas não potáveis (litros/dia)

DS = Maior número de dias sem chuva

2.5.6 Levantamento do indicador de consumo de água

O consumo de água potável e de água de chuva para abastecimento de bacias sanitárias foi monitorado a fim de levantar a demanda por água não potável a ser abastecida pela água da chuva no prédio da FE. Para isso, realizou-se a leitura de dados de dezembro de 2014, até dezembro de 2015 do hidrômetro geral de água potável (Hidrômetro 1), do hidrômetro de água potável para abastecimento de bacias sanitárias (Hidrômetro 2), e do hidrômetro de água da chuva para abastecimento de bacias sanitárias (Hidrômetro 3). Na Figura 16 é apresentado a localização desses hidrômetros.

Figura 16 - Localização dos hidrômetros na FE



Fonte: autor (2015).

O monitoramento do consumo total de água no prédio permitirá investigar quanto da demanda por água nas bacias sanitárias é suprida pela chuva aproveitada.

2.5.7 Levantamento da demanda não potável da FE

Para estimar a demanda por água não potável nos banheiros do prédio foi levantado o número de bacias sanitárias e mictórios e o consumo médio de cada um conforme as vazões recomendadas pela NBR – 5626/1998. Foi adotado um acionamento de descarga por pessoa e que metade dos frequentadores fazem uso de mictório. Considerou-se o total da população atual do prédio, conforme secretaria do Programa de Pós-graduação em Agronegócios e Desenvolvimento Regionais, e a capacidade máxima de ocupação do prédio segundo dados da PROPLAN.

2.5.8 Levantamento do indicador de qualidade da água pluvial

A abordagem qualitativa objetivou caracterizar a água de chuva armazenada no reservatório de 3m³ do sistema de aproveitamento de água de chuva da FE na UFMT. Foram analisadas 11 variáveis de qualidade da água em 8 amostras de água de chuva no período de 11 de dezembro de 2014 a 05 de maio de 2015. Os parâmetros qualitativos da água foram determinados em triplicata para melhor trato estatístico.

A Tabela 3 apresenta variáveis físicas, químicas e microbiológicas de qualidade da água de chuva que foram avaliados. Os métodos de determinação seguiram o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) e as análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água da chuva e seus métodos de determinação

Parâmetro	Método de determinação
pH	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico
Cor	Colorimétrico
Condutividade Elétrica	Relação empírica com Sólidos dissolvidos
DBO (Demanda bioquímica de Oxigênio)	Winkler
DQO (Demanda química de Oxigênio)	Oxidação química por refluxo fechado
Dureza	Titulométrico
Sólidos totais	Gravimetria
Sólidos dissolvidos	Gravimetria
Coliformes totais	Substrato cromogênico/fluorogênico
<i>Escherichia coli</i>	Substrato cromogênico/fluorogênico

Na coleta das amostras foram utilizados frascos de plástico para realização de análises físico-químicas, e de vidro esterilizados em autoclave a 120°C e 1 atm por 15 minutos para

análises microbiológicas. Os frascos foram fornecidos pelos laboratórios do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, conforme Figura 17. Coletou-se primeiro os volumes destinados análise microbiológica. Os frascos foram mantidos fechados até o momento da coleta, assim como se evitou o contato da tampa com qualquer superfície.

Figura 17 - Frascos utilizados para a coleta da água de chuva



Fonte: o autor (2015).

Assim que eram coletadas as amostras foram rapidamente levadas ao Laboratório em caixa de isopor, e as análises iniciadas a seguir, primeiro pelas microbiológicas de coliformes totais e *Escherichia coli*.

2.5.9 Levantamento dos indicadores econômicos.

Para esse indicador foram obtidas informações através da PROAD sobre os valores pagos a concessionária de água potável observado nos anos de 2014 e 2015, os volumes consumidos em m³, bem como o valor da tarifa de acordo com a faixa de consumo. O intuito é comparar o custo financeiro da água potável e a economia que o aproveitamento da água de chuva representa. A determinação da economia com o uso da água da chuva considerou os valores de R\$ 4,43 para uma faixa de 0 – 10m³ de consumo e de 7,26 acima de 10m³ consumidos até o abril de 2015 e um aumento da tarifa em maio para R\$ 4,82 na faixa de 0 – 10m³ e de 7,91 para consumo acima de 10m³.

O período de retorno do investimento foi definido considerando a planilha de custos de instalação do sistema fornecida pela PROPLAN.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo visa elencar os resultados obtidos na análise da água de chuva do sistema de aproveitamento existente na Faculdade de Economia da UFMT, os valores resultantes do monitoramento do consumo de água na edificação, a fim de se avaliar a viabilidade desta alternativa de conservação da água.

2.6 ANÁLISE DA CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CHUVA - SAAC

Neste item é apresentado uma discussão de variáveis que devem ser consideradas no projeto do SAAC e que permitiram analisar a sua concepção. Dessa maneira os diferentes aspectos da precipitação foram investigados como a variabilidade sazonal a partir da análise dos índices pluviométricos, o número de dias sem chuva, o intervalo entre as precipitações e o máximo volume registrado em um dia no período analisado. Também é calculado o volume aproveitável de água de chuva em Cuiabá e aplicado os modelos de dimensionamento de reservatório para comparação com o volume do reservatório do sistema da FE.

2.6.1 Caracterização dos índices pluviométricos

Os dados hidrológicos de 54 anos de precipitação (1961-2015) que permitiram identificar a média mensal e anual em Cuiabá, são descritos na Tabela 4. Nesta tabela também são apresentados os índices dos últimos onze anos de precipitação na cidade. Na Figura 18 é possível observar as chuvas médias mensais desse período, bem como as chuvas de 2014 e 2015 da região.

Observa-se que a região apresenta um índice pluviométrico médio anual de 1342,3 mm, com média máxima mensal em janeiro, 214,7 mm, e mínima em julho, 12,3 mm. A análise dos dados históricos mostrou o máximo índice pluviométrico igual a 1829,6 mm no ano de 1983, e mínimo de 579,3 em 1993. As chuvas se concentraram 46,5% no trimestre mais chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) e 3% no trimestre seco (junho, julho e agosto). Esses valores se aproximam ao total anual médio encontrado por Tarifa (2011), para depressão cuiabana com uma variação de 1300 a 1700 mm, e mensal de 20 a 1200 mm para o estado de Mato Grosso.

O ano de 2015, período de execução da pesquisa, mostrou se atípico em relação à média histórica. Apesar de apresentar uma pluviosidade anual de 1360,3 mm superior à média histórica, o efeito de sazonalidade mostrou-se mais crítico. O trimestre mais chuvoso (janeiro,

fevereiro e março) concentrou 67,6% (919,6 mm) do total anual de chuvas, enquanto o trimestre mais seco acumulou apenas 1,8 % (25,1 mm).

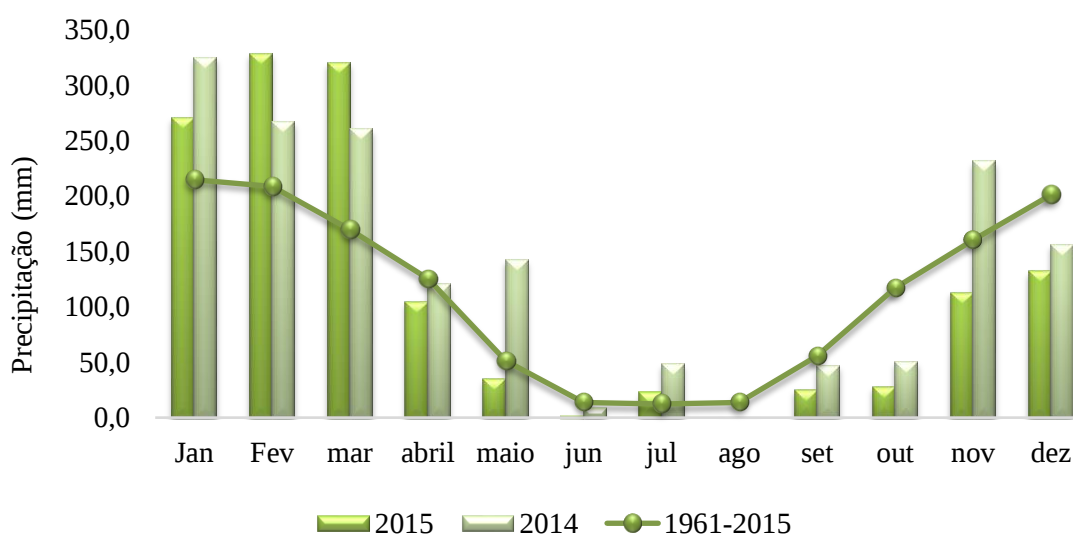
Tabela 4 - Comparação das médias mensais e anual de precipitação (mm) da série histórica estudada e dos últimos onze anos de precipitação para a estação Cuiabá (83361).

Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm) para a estação Cuiabá (83361)												
	1961-2015	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Jan.	214,7	104,2	154,8	266,3	355,5	*	352,3	337,2	291,9	194,2	324,9	270,9
Fev.	208,6	209,7	353,7	315,7	68,9	*	359,2	370,9	284,6	269,0	266,7	328,6
Mar.	169,5	201,8	267,1	174,3	141,1	*	352,1	365,4	244,7	316,9	260,2	320,1
Abr.	125,2	73,6	154,5	140,4	39,5	26,2	75,9	163,4	51,1	79,2	120,9	104,3
Mai.	51,1	8,1	12,5	31,1	*	49,7	26,7	2,4	264,2	20,0	142,5	35,2
Jun.	13,7	14,3	4,1	0,4	*	45,2	2,6	22,2	33,3	47,2	9,2	2,0
Jul.	12,3	0,0	17,1	22,8	*	29,7	13,6	0,7	0,0	10,6	48,6	23,1
Ago.	13,7	1,1	24,3	0,0	*	89,6	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Set.	55,5	40,2	112,1	5,5	*	73,3	3,6	3,0	40,3	45,9	46,9	24,9
Out.	116,9	119,1	97,9	188,2	*	175,6	137,0	125,8	26,0	139,4	50,2	27,8
Nov.	160,1	90,5	142,9	274,9	*	111,1	140,7	119,7	161,8	175,5	231,3	113,3
Dez.	201,0	104,1	176,8	184,9	*	353,9	132,8	148,0	222,2	226,9	155,9	132,2
Total Anual	1342,3	966,7	1517,8	1604,5	605,0	954,3	1596,5	1673,0	1620,1	1524,8	1657,3	1360,3

* Ausência de dados

Fonte: Fonte: o autor com base nos dados do INMET (2015)

Figura 18 - Precipitação acumulada (mm) no período de pesquisa para a estação Cuiabá (83361).



Fonte: o autor com base nos dados do INMET (2015)

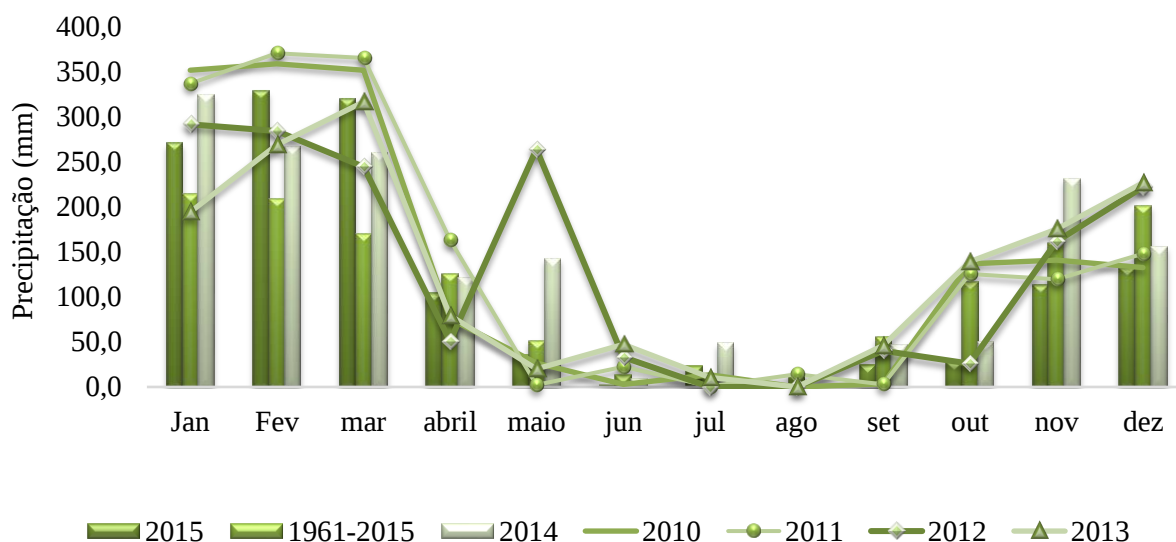
Verifica-se que de abril a dezembro, o ano de 2015 se manteve abaixo da média histórica. Destaca-se ainda os baixos índices nos meses de maio, setembro e outubro, e o volume bem acima da média histórica em março. A variação mensal neste ano foi de 0 - 328,6 mm de

chuvas. Essa característica de distribuição sazonal das chuvas é própria da região, diferente, como visto, do que ocorre em outras localidades. Dessa maneira, deve se atentar a essas particularidades na concepção do projeto para que o dimensionamento do reservatório atenda ou não a demanda no período crítico sem chuva.

Ao comparar os últimos cinco anos de precipitação ao ano de 2015 nota-se que o ano de 2015 apresentou o menor índice pluviométrico (1360,3 mm), e que 2011 apresentou o maior índice (1673 mm), assim como se observa uma discrepância na distribuição das chuvas.

Nota-se também uma tendência de o mês de março apresentar maior índice pluviométrico que dezembro, diferente do que acontece na série histórica, provocando uma mudança no trimestre mais chuvoso pois os meses de janeiro, fevereiro e março passaram a concentrar de 60-79% do total anual de chuvas. Na Figura 19 é possível observar a distribuição sazonal da precipitação para os últimos cinco anos.

Figura 19 - Comparação das médias mensais de precipitação (mm) dos últimos cinco anos para a estação Cuiabá (83361).

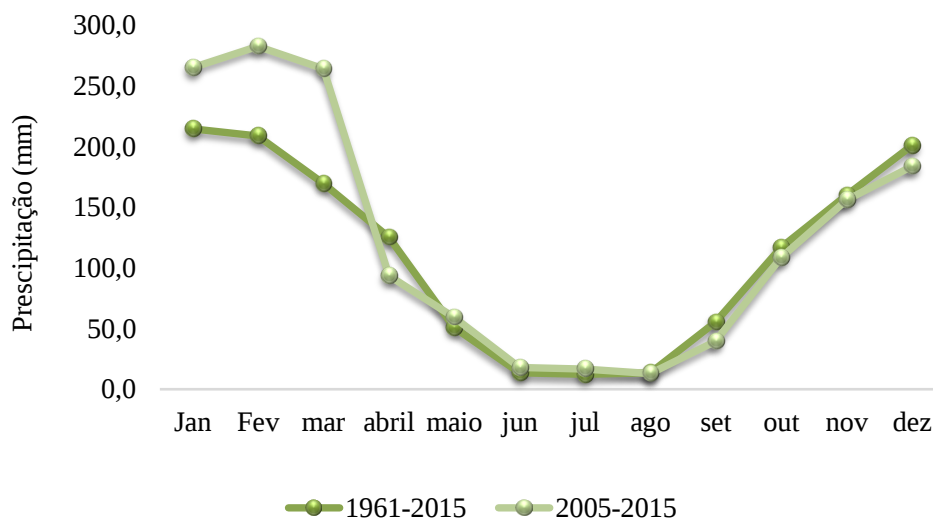


Fonte: o autor com base nos dados do INMET (2015)

Compete destacar que além da distribuição sazonal das chuvas, essas ainda são concentradas em determinados dias de um mesmo mês. Ao se comparar a média mensal acumulada de precipitação de 2010 a 2015 com o volume máximo médio diário de chuva em cada mês, têm-se que em média 45% do total acumulado em cada mês resulta de um único dia de precipitação. Em 2011 o mês de fevereiro registrou em um único dia uma precipitação de 118,9 mm dos 370,9 mm acumulados, o que corresponde a 32% do total. Nos meses mais secos esse percentual é maior (>57%).

Na Figura 20 é apresentada a comparação das médias mensais de precipitação entre a série histórica de 1961 a 2015 e a série que compreende o período de 2005 a 2015.

Figura 20 - Comparação das médias mensais de precipitação (mm) da série histórica e dos últimos onze anos para a estação Cuiabá (83361).



Fonte: o autor com base nos dados do INMET (2015)

Tais fatos aumentam o escoamento superficial e agravam seus efeitos do mesmo modo que provocam picos de alagamentos. Mahmoud et.l. (2014), analisaram um cenário semelhante ao descrito para Cuiabá em Khartoum no Sudão onde 80% das chuvas se concentram em três meses. Segundo os autores essa condição de precipitação aliada ao ineficiente sistema de drenagem gera problemas com o escoamento e leva a inundações.

De acordo com Akter e Ahmed (2015), o aproveitamento de água de chuva pode reduzir a altura da lamina de água estagnada nos picos de enchente. Na cidade de Agrabad em Chittagongo esse autor constatou uma redução de 26% nessa altura.

No tocante ao número de dias sem chuva no período de 2010-2015 pode se verificar em 7 meses do ano um número médio de dias sem chuva superior a 20 dias. O destaque é para o mês de agosto com média de 31 dias. É relevante também observar que na média em maio, junho, julho, e setembro esse número é superior a 27 dias.

Na Tabela 5 é apresentado o número máximo de dias sem chuva no período amostral de 2010 a 2015. Ressalta-se ainda, que neste estudo foram considerados apenas os dias que apresentaram precipitação inferior a 1 milímetro.

Além do longo período sem chuva observado entre 2010 e 2015, o intervalo entre elas também variou consideravelmente. O máximo intervalo entre as chuvas é de 31 dias, a moda de

5, e o mínimo de 1 dia. Os maiores intervalos são observados nos meses de abril a outubro (mínimo de 4 e máximo de 31 dias).

Tabela 5 - Número e dias sem chuva no período amostral de 2010-2015.

Mês	Dias sem Chuva						Média
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Jan.	9	10	17	14	13	15	13
Fev.	17	6	13	9	8	14	11
Mar.	14	12	20	21	16	13	16
Abril.	25	19	22	19	20	21	21
Maió.	27	31	24	30	26	26	27
Jun.	29	29	25	26	28	29	28
Jul.	30	31	31	28	27	30	30
Ago.	31	29	31	31	31	31	31
Set.	29	29	25	26	24	27	27
Out.	23	22	28	20	23	26	24
Nov.	21	23	15	15	19	18	19
Dez.	19	18	15	11	16	22	17
Total	274	259	266	250	251	272	262

Fonte: o autor

Segundo Silva et. al. (2015), o número de dias sem chuva e o intervalo entre eles interfere diretamente no volume do reservatório e consequentemente no custo do sistema.

2.6.2 Determinação do volume de chuva aproveitável (VAP)

Observa-se que a partir do total anual acumulado da média histórica tem se um indicativo de viabilidade do AAC, entretanto em virtude da sazonalidade o volume aproveitável varia muito em cada mês requerendo uma maior preocupação quanto ao volume do reservatório.

A partir do cálculo do VPA de acordo com a NBR 15527, observou-se um volume máximo aproveitável de chuva em janeiro de 134,9 m³ e mínimo médio em julho de 8 m³. Em 2015, a variabilidade é maior com 170 m³ em janeiro, chegando a nenhum volume em agosto. Convém destacar os baixos valores em maio, junho, julho, setembro, e outubro, 22,1,15,16, e, 17 mm respectivamente.

Com base mesmo nos valores médios de volume aproveitável para Cuiabá o dimensionamento do reservatório levaria a grandes tanques e a elevados custos de instalação dos SAAC o que torna importante considerar outros aspectos como demanda e consumo. Na Tabela 6 se resume os valores de VAP obtidos para a série de 1961 a 2015 e para o ano de 2015.

Tabela 6 - Volume potencial médio aproveitável de precipitação para o prédio da FE.

	1961-2015			2015		
	Chuva (mm)	VAP (mm)	VAP m ³	Chuva (mm)	VAP (mm)	VAP m ³
Janeiro	214,7	134905	134,9	270,9	170217	170
Fevereiro	208,6	131072	131	328,6	206473	206
Março	169,5	106504	107	320,1	201132	201
Abril	125,2	78668	79	104,3	65536	66
Maio	51,1	32108	32	35,2	22118	22
Junho	13,7	8608	9	2,0	1257	1
Julho	12,3	7729	8	23,1	14515	15
Agosto	13,7	8608	9	0,0	0	0
Setembro	55,5	34873	35	24,9	15646	16
Outubro	116,9	73453	73	27,8	17468	17
Novembro	160,1	100597	101	113,3	71191	71
Dezembro	201,0	126296	126	132,2	83067	83
Média			70			72
Total			843			869

Fonte: o autor

No entanto, comparar o volume de reservação (23m³) do SAAC da FE com a variabilidade do VAP para o prédio da FE pode indicar um subdimensionamento do reservatório, sendo assim a aplicação de Métodos de dimensionamento do reservatório ajudam nessa conclusão.

2.6.3 Quantificação da demanda por água não potável

Neste item são apresentados os dados de demanda teórica de água não potável do prédio da FE (Tabela 7) considerando a população atual de 91 pessoas e a população máxima, conforme capacidade do prédio, de 414 pessoas, e considerando as 24 bacias sanitárias e 9 mictórios existentes na FE.

Tabela 7- Demanda por água em usos não potáveis estimada para a FE

	APARELHO SANITÁRIO	Quantidade	Vazão específica (l/s)	Duração (s)	Nº de usos	Pessoas	Consumo (m ³)
POP. ATUAL	Mictórios	9	0,5	5	1	46	1
	Bacia sanitária com válvula de descarga	24	1,7	3,52	1	91	13
	Total						14

Tabela 7 (Continuidade) - Demanda por água em usos não potáveis estimada para a FE

	APARELHO SANITÁRIO	Quantidade	Vazão específica (l/s)	Duração (s)	Nº de usos	Pessoas	Consumo (m³)
POP. MÁX.	Mictórios	9	0,5		1	207	4,7
	Bacia sanitária com válvula de descarga	24	1,7	3,52	1	414	59,6
	Total						64,3

Fonte: o autor

Com base no apresentado, a demanda atual é de 14m³ por dia na utilização dos banheiros, chegando a um máximo de 64,3 m³.

2.6.4 Aplicação do método Azevedo Neto

De posse das informações hidrológicas, e da área de cobertura o Método Azevedo Neto foi aplicado para simular o volume do reservatório e posteriormente compará-lo ao volume do reservatório do SAAC na FE. No entanto é salutar informar que não houve acesso aos critérios adotados no dimensionamento do sistema.

Como fundamento a aplicação do Método Azevedo Neto utilizou-se o máximo número de dias sem chuva. O período crítico superior a trinta dias é verificado apenas no mês de agosto ao considerar a média de 2010-2015, mas em consequência dos baixos volumes precipitados e da ocorrência de sequência igual ou superior a 30 dias em outros dois meses nesse período o método foi aplicado para a situação de 1, 2 e 3 meses sem chuva e para as precipitações média acumuladas da série histórica apresentada neste estudo e para os anos de 2014 e 2015. A simulação do método obteve os resultados que são dispostos na Tabela 8.

Tabela 8 - Aplicação do método Azevedo Neto par o SAAC da FE.

	Precipitação anual (mm)	A (m³)	T (mês)	V= 0,042*P*A*T (m³)
1961-2015	1342,3	821,36	1	46,3
	1342,3	821,36	2	92,6
	1342,3	821,36	3	138,9
2015	1382,4	821,36	1	47,7
	1382,4	821,36	2	95,4
	1382,4	821,36	3	143,1
2014	1657,3	821,36	1	57,2
	1657,3	821,36	2	114,3
	1657,3	821,36	3	171,5

Fonte: o autor

Ao observar a Tabela 8 é possível notar que simular maiores valores para T o volume do reservatório aumenta significativamente podendo direcionar a um superdimensionamento do reservatório por haver necessidade de armazenamento capaz de suprir o período de estiagem.

Observa-se também que comparando o máximo volume de reservação (23 m^3) do SAAC da FE ao menor volume de reservatório encontrado ($46,3 \text{ m}^3$) tem - se no mínimo uma diferença de $23, 3 \text{ m}^3$. Esse resultado pode levar a concluir que o mesmo foi subdimensionado. Logo, convém avaliar essa conclusão após analisar os resultados dos métodos de Rippl e dos Dias Sem Chuva que consideram fatores como a demanda por água de chuva.

2.6.5 Aplicação do método de Rippl

Os resultados da simulação da aplicação do método de Rippl foram obtidos considerando as demandas observadas para a população atual e máxima, calculadas no item 4.1.3, e o consumo médio mensal obtido a partir do monitoramento dos Hidrômetros 2 e 3 que representam o consumo não potável a qual se destina a água da chuva na edificação atualmente. O Coeficiente de escoamento adotado foi de 0,9. Assim, na Tabela 9 são apresentados os resultados alcançados.

Tabela 9 - Resultados da aplicação do método de Rippl para o SAAC da FE.

	P (mm)	D_{(t)1} (m³)	D_{(t) 2} (m³)	D_{(t) 3} (m³)	Q_(t) (m³)	S_{(t) 1} (m³)	S_{(t) 2} (m³)	S_{(t) 3} (m³)	ΣS_{(t)1} (m³)	ΣS_{(t)2} (m³)	ΣS_{(t)3} (m³)
Jan.	214,7	16,2	420	1929	158,7	-142,6	261,3	1770,3	E	-	-
Fev.	208,6	16,2	420	1929	154,2	-138,1	265,8	1774,8	E	-	-
Mar.	169,5	16,2	420	1929	125,3	-109,2	294,7	1803,7	E	-	-
Abr.	125,2	16,2	420	1929	92,6	-76,4	327,4	1836,4	E	-	-
Mai.	51,1	16,2	420	1929	37,8	-21,7	382,2	1891,2	E	-	-
Jun.	13,7	16,2	420	1929	10,1	6,0	409,9	1918,9	6,0	-	-
Jul.	12,3	16,2	420	1929	9,1	7,0	410,9	1919,9	13,0	-	-
Ago.	13,7	16,2	420	1929	10,1	6,0	409,9	1918,9	19,0	-	-
Set.	55,5	16,2	420	1929	41,0	-24,9	379,0	1888,0	E	-	-
Out.	116,9	16,2	420	1929	86,4	-70,3	333,6	1842,6	E	-	-
Nov.	160,1	16,2	420	1929	118,3	-102,2	301,7	1810,7	E	-	-
Dez.	201,0	16,2	420	1929	148,6	-132,5	271,4	1780,4	E	-	-
Total											
Acum.		193,4	5040,0	23148,0	992,3				19		

E: Período onde ocorre sobra de água

D_{(t)1}, D_{(t)2}, D_{(t)3}: Consumo médio mensal, demanda mínima e demanda máxima respectivamente.

S_{(t) 1}, S_{(t) 2}, S_{(t) 3}: Diferença entre as demandas D_{(t)1}, D_{(t)2}, e D_{(t)3} e o volume aproveitável de chuva (Q_(t)) respectivamente.

Diante desses valores observa-se que a aplicação do método de Rippl para as demandas calculadas ($D_{(0)2}$ e $D_{(0)3}$) não permitiu a definição de um volume para o reservatório, conforme a NBR 15527/2007, devido a somatória das demandas ser superior ao volume aproveitável de chuva definido neste método.

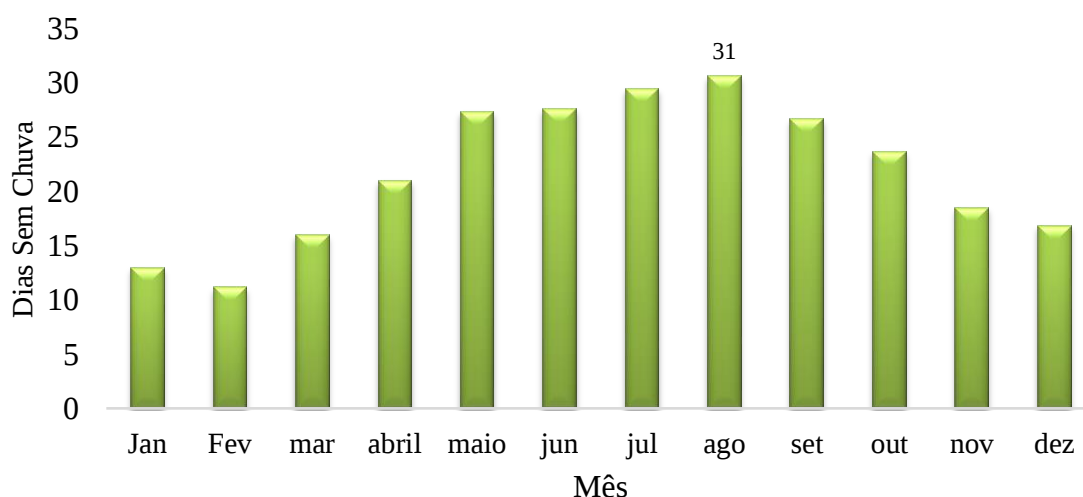
Neste caso tentar ajustar a demanda acumulada em relação ao volume captável acumulado como alternativa à esse problema, como proposto por Giacchini (2010), requer estudo pois além de exigir uma área de coleta muito maior também induziria a um grande volume de reservatório, o que torna o sistema inviável por questões apresentadas no item 2.3.5

Sendo assim, se considerou apenas o volume de 19 m^3 definido para o reservatório a partir do consumo observado ($D_{(0)1}$). Como base neste resultado e no volume de reservação instalado da FE, pode se entender que o SAAC tem condições de atender a 100% da demanda por água não potável, tornando-se viável hipoteticamente em aspectos quantitativos. Esse resultado muito se diferencia do volume obtido após aplicação do Método de Azevedo Neto mostrando a importância de se considerar a demanda na concepção de um sistema como esse.

2.6.6 Aplicação do Método dos Dias Sem Chuva

A simulação do Método dos Dias Sem Chuva determinou a capacidade do reservatório por meio da relação entre a demanda e o número de dias sem precipitação. A identificação dos dias sem chuva foi feita através dos levantamentos descritos anteriormente (ver 4.1.1). Assim observa-se que a série de Máximos Dias Sem Chuva - DS corresponde a 31 dias referente ao período de 2010 a 2015, conforme representado na Figura 21.

Figura 21 - Número máximo de dias sem chuva.



Ademais, de posse dos valores de demanda diária da população (ver item 4.1.3), e do consumo médio diário = 540 litros/dia (obtido a partir do monitoramento dos Hidrômetros 2 e 3 que medem o consumo nas bacias sanitárias) considerando o número máximo de dias sem chuva aplicou-se o método dos Dias Sem Chuva observados na FE.

Tabela 10 - Resultados da aplicação do método de Rippl para o SAAC da FE.

D_(d)1 (litros/dias)	D_(t) 2 (litros/dias)	D_(t) 3 (litros/dias)	DS (dias)	V1 (m³)	V2 (m³)	V3 (m³)
540	14000	64300	31	16,74	434	1993,3

E: Período onde ocorre sobra de água

D_(t)1, D_(t)2, D_(t)3: consumo médio diário, demanda mínima e demanda máxima respectivamente.

V1, V2, e V3: Volume do reservatório pra D_(t)1, D_(t)2, e D_(t)

Quanto a aplicação deste método observa-se que os valores referentes às demandas calculadas superdimensionariam o reservatório dado o grande volume encontrado. No entanto diante do consumo diário D_(d)1 nota-se a determinação de um volume reduzido do reservatório, igual a 16,74 m³, para atender ao consumo inclusive nos períodos de estiagem. Entretanto, armazenar água por muito tempo requer maior controle da qualidade da mesma.

Apesar de o volume atual não corresponder ao volume necessário para atender as demandas calculadas como o método indica, esse volume teoricamente deve suprir as necessidades do consumo atual do prédio.

2.7 ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DO SAAC

O sistema foi concebido na intenção de promover a sustentabilidade do campus, no entanto houve falhas no planejamento quanto ao atendimento de alguns aspectos recomendados pela NBR 15527/2007.

O sistema funciona sem atender a 100% do volume consumido com água de chuva, não havendo suprimento durante aproximadamente dois meses. A determinação da demanda é prevista na seção 4.1.2 da NBR 15527/2007. Porém essa falha não ocorre apenas em razão do dimensionamento do reservatório de acordo com a demanda já que dois métodos (Rippl e Dias Sem Chuva) indicaram volume inferior ao existente para manter o abastecimento durante o período sem chuva.

O dimensionamento do reservatório, apresentado na seção 4,3,5 da NBR 15527/2007, se previsse apenas critérios técnicos, como os estudos históricos e sintéticos das séries de

precipitação da região conforme a seção 4.1.3 da referida norma, e como a definição do volume anual aproveitável de chuva (seção 4.3.4), resultaria em um reservatório de quase o dobro do tamanho do atual como é o caso de Método Azevedo Neto. Aumentar o volume poderia trazer uma não intermitência do abastecimento, mas diante do baixo consumo e da análise dos métodos de Rippl e dos Dias Sem Chuva outras causas também estão relacionadas ao não suprimento durante o período de estiagem e devem ser melhor investigadas.

Uma das causas foi observada na operação do sistema, pois não há definição clara e oficial de responsabilidade ocasionando problemas observados no período como a interrupção do abastecimento de água de chuva por mal funcionamento da bomba de recalque e da boia.

Quanto a manutenção do sistema não se previu uma frequência de limpeza de nenhum dos componentes do sistema o que descumpra o recomendado pela norma na seção 5.1 e, conseqüentemente, o recomendado em toda a seção 4.5 sobre qualidade da água. Desde a concepção até o momento de finalização da pesquisa não houve higienização dos reservatórios.

Falhas na operação e na manutenção do sistema comprometeram a qualidade da água pluvial que abastece o sistema, no entanto o desatendimento ao que estabelece a seção 4.2.3 sobre instalação de dispositivo para remoção de detritos, e ao sugerido na seção 4.2.4 sobre instalação de um dispositivo de descarte da água escoada inicialmente, também contribuíram para essa perda de qualidade.

Contudo, o sistema funciona e garante alguma economia de água potável em usos menos exigentes, e como visto contribui para a redução do volume de água escoada e estagnada. Além disso segundo Vialle et. al. (2015), sistemas de aproveitamento de água de chuva minimizam a pressão sobre os recursos hídricos da região onde se insere.

Apesar disso, essa economia não será satisfatória ao que concerne a sustentabilidade social se a qualidade dessa água representar um risco a saúde dos usuários. Dessa forma os indicadores de consumo, qualidade da água, e período de retorno foram definidos para sintetizar e avaliar as condições de funcionamento do sistema quanto a esses aspectos.

2.7.1 Indicador de consumo de água (IC)

É muito importante para o alcance dos objetivos conhecer a demanda e consumo de água de chuva e os IC são fundamentais para a geração do histórico de consumo, avaliação da eficiência do desempenho do sistema bem como pode advertir à necessidade de intervenção no mesmo.

O consumo de água no prédio corresponde aos volumes utilizados na limpeza e manutenção do prédio, em bebedouros, e nos banheiros (torneiras, chuveiros, bacias sanitárias e mictórios).

Os resultados mostram um consumo no período observado (água potável e de chuva) muito abaixo da demanda calculada para uso em bacias sanitárias. Os dados revelaram um consumo de 649,75m³, média de 85,8 m³/mês (2,9m³/dia). A população que faz uso frequente do prédio é composta por 91 pessoas, logo tem-se um consumo *per capita* de 943,2 L/hab/mês (31,2 L/hab/dia). Na Tabela 11 é apresentado os valores medidos por intervalo de cada hidrômetro, o consumo total nas bacias sanitárias e o consumo total de água no prédio (consumo 2).

Tabela 11 - Consumo de água registrado por período nos hidrômetros instalados na FE.

Data da leitura	Consumo por hidômetro (m ³)						Consumo total (m ³)	
	Hidrômetro 1		Hidrômetro 2		Hidrômetro 3			
	Registro	Consumo	Registro	Consumo	Registro	Consumo	Consumo 1	Consumo 2
11/12/2014	204,8	0	139,4	0	122,5	0	0	0
22/01/2015	267,89	63,09	139,4	0	132,8	10,3	10,03	73,39
25/02/2015	273,8	5,91	139,4	0	149,5	16,7	16,7	22,61
25/03/2015	302,07	28,27	139,4	0	193,2	43,7	43,7	71,97
15/04/2015	524,33	222,26	139,4	0	214	20,8	20,8	243,06
06/05/2015	629,54	105,21	139,4	0	226,7	12,69	12,69	117,9
22/06/2015	664,97	35,43	147,5	8,1	236,6	9,61	18,01	45,34
27/07/2015	740,45	75,48	162,2	14,7	236,6	0	14,7	75,48
20/08/2015	-	-	169,4	7,2	236,6	0	7,2	-
22/09/2015	-	-	181,7	12,3	236,6	0	12,3	-
15/10/2015	-	-	187,6	5,9	240	3,4	9,3	-
17/11/2015	-	-	201	13,4	243,2	3,2	16,6	-
16/12/2015	-	-	215,9	14,9	247,6	4,3	19,2	-
Volume total	*3607,85	*535,65	2101,7	76,5	2715,79	125	201,5	*649,75

Consumo 1: consumo nas bacias sanitárias de água potável e de chuva.

Consumo 2: consumo total de água no prédio.

*volume até o período de existência de dados

A partir dos dados fornecidos pelo Hidrômetro 1, observou-se um consumo de 535,65 m³ de água potável entre 11/12/2014 a 27/07/2015, uma média de 70,76 m³/mês (2,4m³/dia) de água potável no prédio. No entanto esse consumo variou de 5,91 a 222,26 m³ nos intervalos de coleta de dados, sendo o menor valor ocorrido nas férias da graduação e pós-graduação, e o maior consumo quando ambos os níveis de graduação estavam em período letivo.

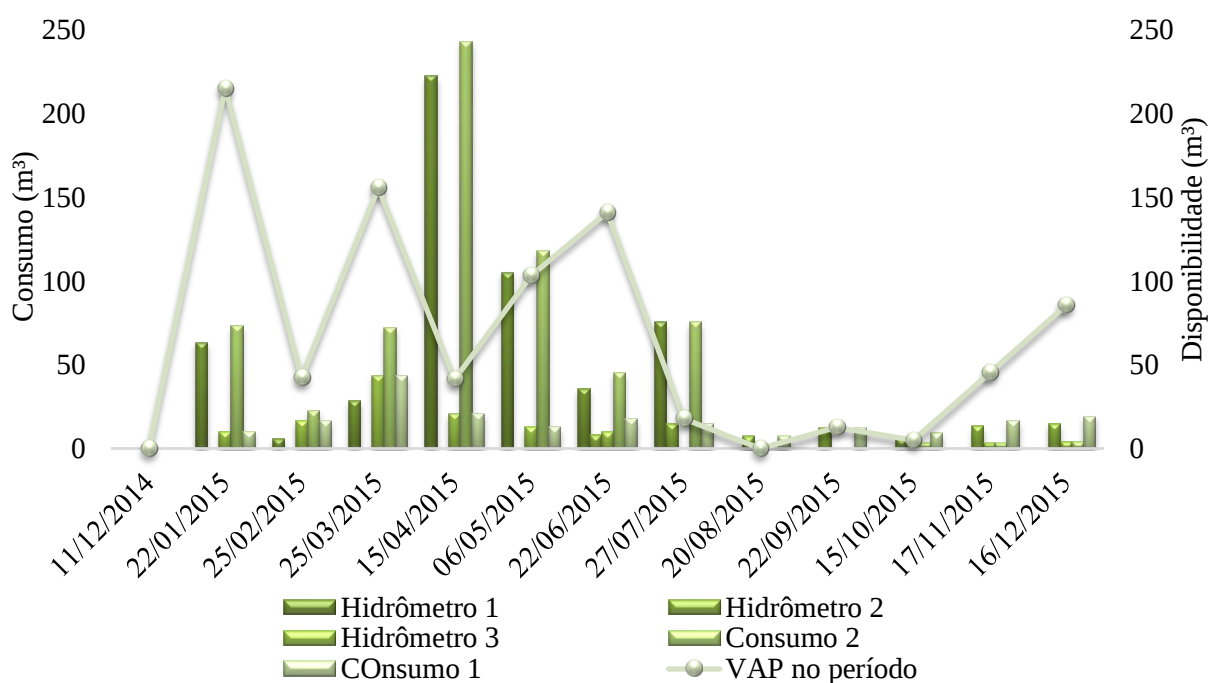
Com base no Hidrômetro 2 pode-se observar um consumo de 76,5 m³, que oscilou de 5,9 a 14,9 m³ nos intervalos de coleta de dados com uma média diário de 10,44 m³/mês (347,9 L/dia) (quando houve consumo). Destaca-se o fato de ocorrer consumo de água potável para

uso em bacias sanitárias apenas a partir de junho ($8,1\text{m}^3$) devido ao fato de ter havido uma redução significativa das precipitações nesse período.

O consumo por intervalo de medição para o Hidrômetro 3 oscilou de $3,2$ a $43,7\text{ m}^3$ para o Hidrômetro 3, somando um total de 125m^3 de água de chuva consumida. Foi observado ausência do suprimento de água de chuvas nas bacias sanitárias de julho a setembro por causa da intensificação do período seco do ano.

Na Figura 22 visualiza-se os volumes consumidos de acordo com a Tabela 11 e o Volume Aproveitável de Água de Chuva para o período do monitoramento. Observando a Figura 22 pode-se notar que apenas no período de 27/07/2015 a 20/08/2015 a disponibilidade de água de chuva dada pelo VAP em cada período foi inferior ao consumo, sendo nos meses mais chuvosos maior que o consumo total de água no prédio. Tal fato sustenta a possibilidade de a suspensão do fornecimento de água de chuva não ser resultado apenas da pluviosidade.

Figura 22 - Valores de consumo e Volume Aproveitável de Água de Chuva - VAP por intervalo de medição por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE.



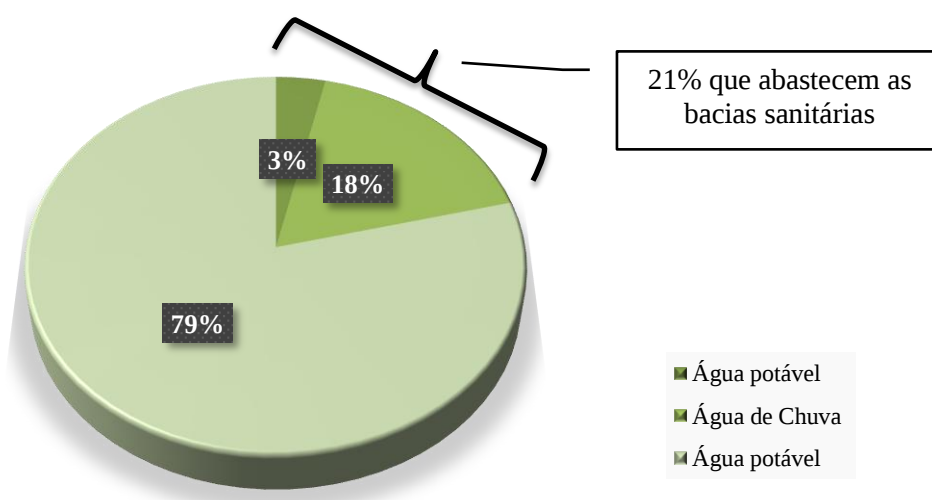
O abastecimento das bacias sanitárias pelo reservatório de água pluvial não indica de forma precisa o esgotamento do mesmo durante os períodos em que não foram observados consumo já que por não ser totalmente automatizado o registro foi fechado quando as chuvas se tornaram esparsas e aberto somente quando as chuvas se reestabeleceram. A decisão de quando cessar o uso de água pluvial nas bacias sanitárias é subjetiva e depende de quem opera o sistema.

Além disso, problemas na operação do sistema quanto ao funcionamento da bomba de recalque que provocaram falta de água no banheiro, e por esta razão o abastecimento pelo reservatório de água potável foi acionado para abastecer as bacias sanitárias. Falhas como essa dificultam a análise da extensão do suprimento de água pluviais e geram a insatisfação dos usuários.

Os valores de consumo mais baixos indicam o período de férias dos discentes de pós-graduação e docentes. A queda em outros períodos sugere a redução de população flutuante em função das greves ocorridas nesse ano.

O consumo de água em bacias sanitárias corresponde a 21% (136,9L) do consumo total de água no prédio (649,75L) considerando apenas o período onde houve registro do consumo total de água potável no prédio (11/12/2014 à 27/07/2015), o restante diz respeito a demanda água consumido para fins que exigem água potável. As características desse consumo podem ser observadas na Figura 23.

Figura 23 - Distribuição do consumo de água no prédio da FE no período de 11/12/2014 à 27/07/2015



Esse valor está abaixo do esperado para ambientes sanitários, 35 a 50% do consumo total, como visto no Manual da qualidade da água da ANA; FIESP e SindusCon-SP (2005). Dessa forma o consumo *per capita* é de 182,5 L/hab/mês (6 L/hab/dia). É possível então constatar, em relação ao Consumo 2 descrito na tabela 11, que o uso de água de chuva representou 18% do consumo total de água na FE. No entanto, 62% do consumido apenas nas bacias sanitárias foi de água da chuva.

O uso de água de chuva tem uma representatividade quase insignificante no consumo de água do campus Cuiabá da UFMT, porém 17,5% do consumo médio mensal total do campus de 27.126,20 m³ (Silva, 2015), significariam 4.747,1 m³.

2.7.2 Indicadores de qualidade da água de chuva (IQ)

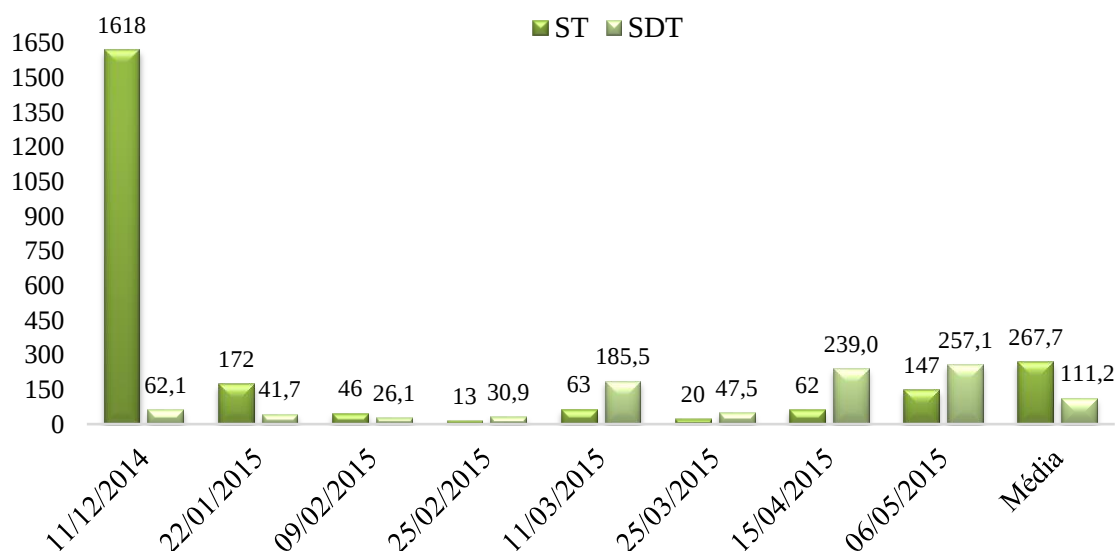
A caracterização da qualidade da água da chuva possibilita avaliar segurança sanitária do sistema. Vários fatores podem influenciar ou comprometer essa segurança. Quanto a isso, no período de realização das análises foi observado alguns problemas com a bomba de recalque, que resultaram em um baixo volume de água no reservatório superior em algumas coletas. Além disso, observou-se que os reservatórios não receberam nenhuma lavagem ou outro tipo de higienização durante o tempo em que as coletas foram efetuadas.

As variáveis de DBO e DQO estiveram abaixo da gama de detecção em praticamente todas as análises. Apenas foi possível a detecção na primeira análise que obteve valores médios de 3,9 mg/L, para DQO, e 2,2 mg/L para DBO. Esse resultado condiz com o esperado, uma vez que a presença de matéria orgânica em sistemas de aproveitamento de água de chuva reduz a medida que não há mais esse material a ser lavado no telhado, e o existente é decomposto, reduzindo sua concentração no reservatório.

A concentração de sólidos totais oscilou entre 13 a 1618mg/L, e o valor médio no intervalo foi de 267,7mg/L. O maior valor encontrado se refere a primeira análise, sendo este muito discrepante dos demais. O fato de não haver descarte da primeira chuva nem filtro de detritos contribui para essa discrepância. Houve uma grande diminuição dos valores se comparada aos meses de dezembro de 2014 e janeiro de 2015, uma vez que esse foi o período de lavagem do telhado, o que, conforme apresentado na revisão, é um motivo da presença desses sólidos na água do reservatório.

No entanto o declínio não seguiu um padrão uniforme porque, como dito, os intervalos atípicos de mais de três dias sem chuva são suficientes, segundo Tomaz (2010), para que novas impurezas se acumulassem, e fossem novamente levadas a tanque de reservação. Outro fator que pode ter exercido influência na concentração de sólidos totais nas amostras foi a falta de lavagem do reservatório que propiciou acúmulo de lodo no fundo do reservatório. Os sólidos totais e dissolvidos são apresentados na Figura 24.

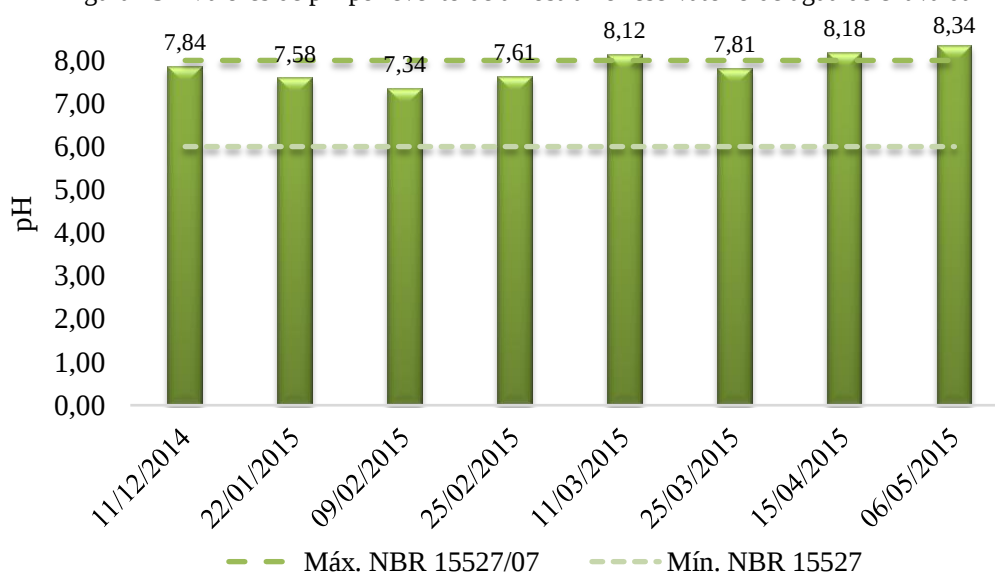
Figura 24 - Valores de sólidos totais e dissolvidos por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE



Os sólidos dissolvidos foram determinados a partir a condutividade, o que explica sua oscilação de mesmo padrão, e apresentaram concentrações entre 26,1 a 239 mg/L, com média no intervalo de 111,2mg/L. Os valores se encontram dentro do estabelecido (1000 mg/L) pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde para potabilidade.

A Figura 25 ilustra os valores encontrados para do pH para cada amostra. O pH foi o parâmetro que apresentou maior regularidade nos resultados das análises, variando de 7,34 a 8,34.

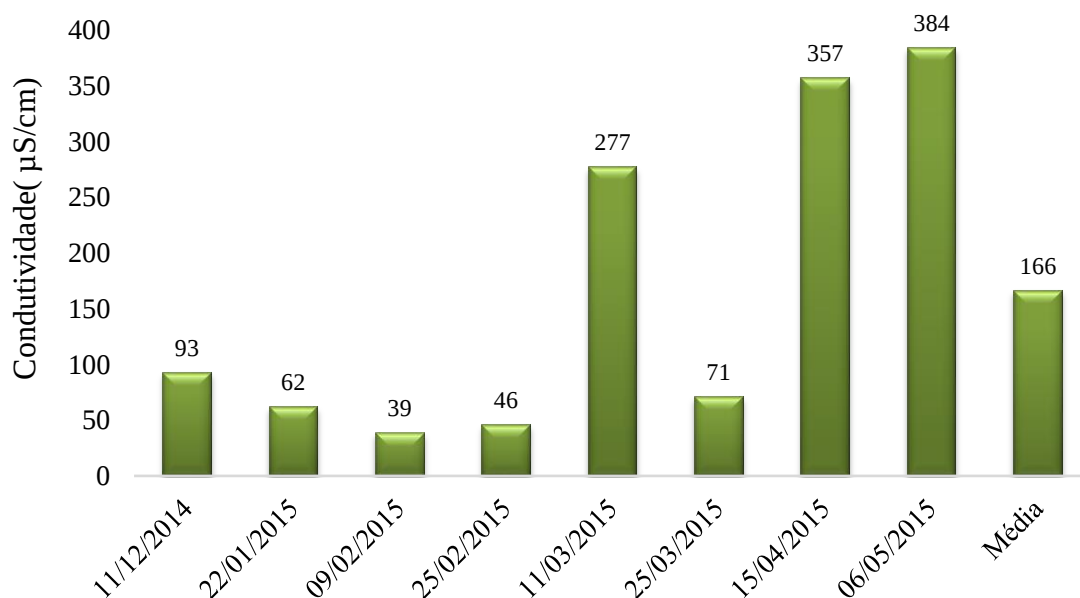
Figura 25 - Valores de pH por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE



Todos os valores de pH ficaram acima do mínimo (6) recomendado pela NBR 15527/07, e apenas três deles acima do limite máximo (8) indicado para mesma norma. Vários fatores podem influenciar esse parâmetro, como o clima, intervalos sem chuva, passagem pela superfície de coleta, e os problemas relacionados a bombeamento de água para o reservatório, no entanto para relacionar a variação aos dois últimos fatores faz-se necessário uma comparação com pH da precipitação.

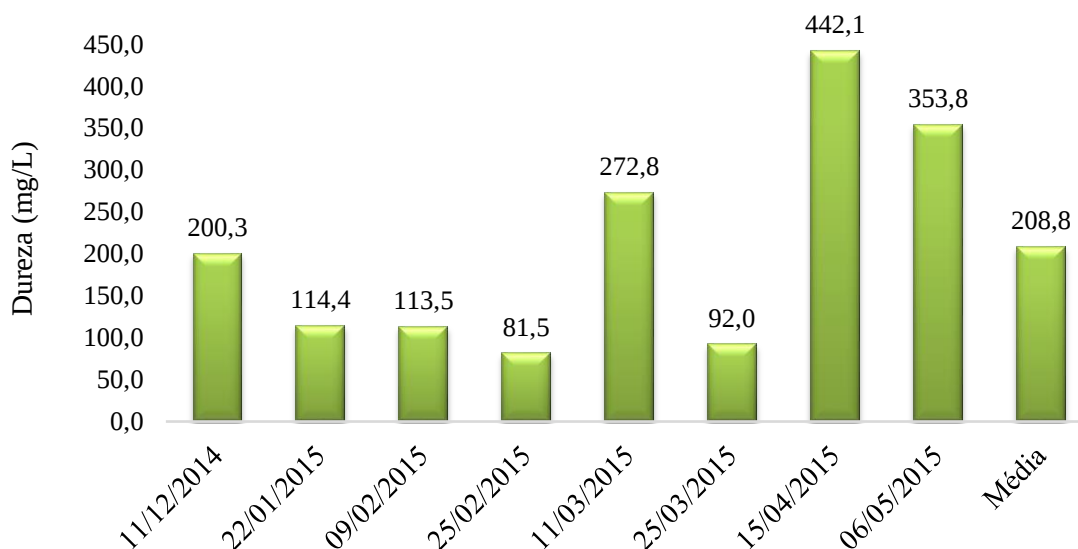
Com relação a condutividade, esta apresentou uma grande variação, de 39 a 384 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que indica graus diferentes na estabilização da matéria orgânica. A condutividade acompanhou as variações ocorridas na variável do pH. Isso se deve aos mesmos motivos apresentados para os sólidos totais. A média considerando todo o período de análises foi de 166 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A Figura 26 apresenta os valores para esta variável.

Figura 26 - Valores de condutividade médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE



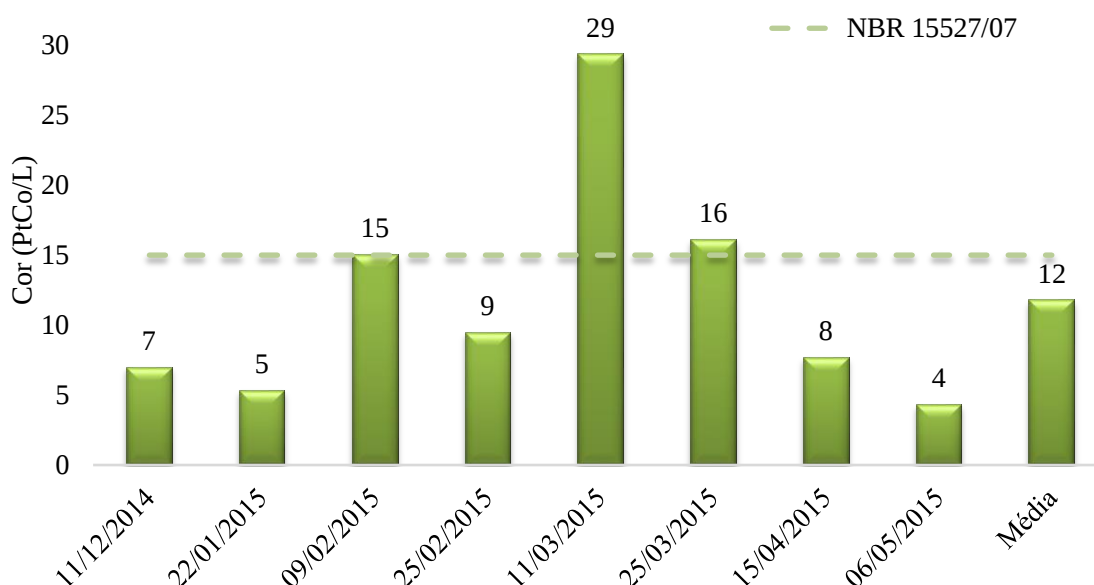
Os valores de dureza encontrados foram de 81,5 a 442,1 mg/L. É possível notar maior concentração de dureza em abril, seguido de maio e março (11/03). Os valores menores ocorreram, provavelmente, em decorrência da atmosfera se apresentar mais limpa como consequência da chuva, sendo os valores mais elevados resultado do período seco e intervalos sem chuva que importam uma nova remessa de impurezas para o reservatório. Os valores médios por evento de amostra para dureza são observados na Figura 27.

Figura 27 - Valores de dureza médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE



A cor variou entre valores abaixo e acima do limite recomendado pela NBR15527/07, como explicitado na Figura 28. Os valores vão de 4 a 29 PtCo/L, com média de 12 PtCo/L para o período. É possível observar uma oscilação nos valores, com uma concentração dos maiores valores no período de fevereiro a abril, tendo o pico na coleta do dia 11 de março, e uma redução constante a partir deste período. Tal oscilação pode estar relacionada aos intervalos de chuvas atípicos no ano, sendo a redução possivelmente associada a redução das chuvas.

Figura 28 - Valores de cor médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE

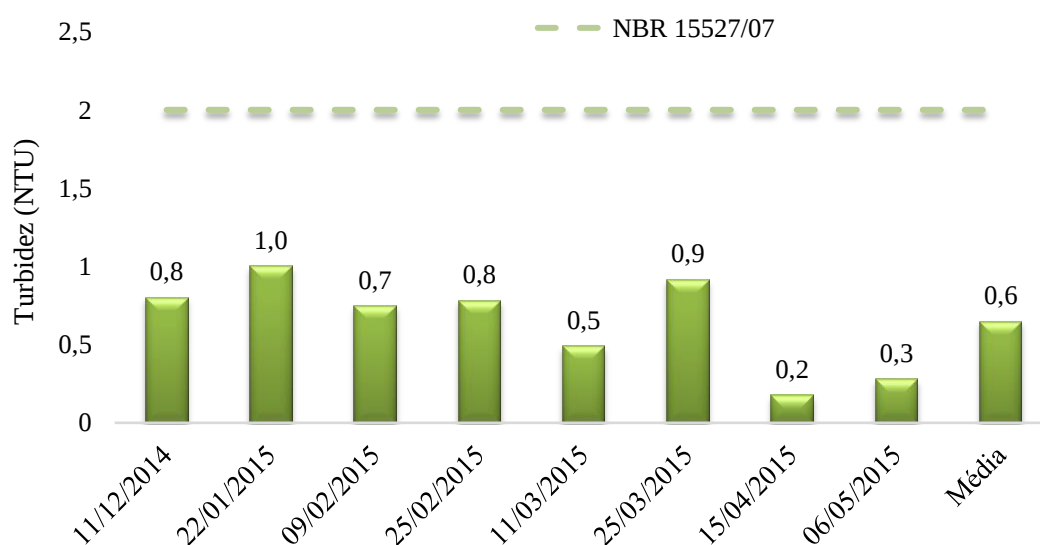


Na Figura 29 verifica-se que os valores médios da turbidez que apresentaram um grau de variação menor até março, a partir de onde os valores decrescem, provavelmente pela

redução brusca das chuvas que é a responsável pelo carreamento dos sólidos e impurezas para o reservatório inferior, bem como pela redução do consumo de água de chuva o que implica também numa redução do bombeamento e consequente revolvimento de sedimentos do fundo dos reservatórios.

Assim os valores variam de 0,2 a 1 NTU, obtendo um valor médio no período total de análises de 0,6 NTU. Comparando os valores de cor e turbidez pode-se perceber que a variação das duas variáveis se deu em proporcionalidade inversa, sendo que no evento em que a cor apresenta valor superior ao do evento anterior, a Turbidez apresenta valor inferior.

Figura 29 - Valores de turbidez médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE

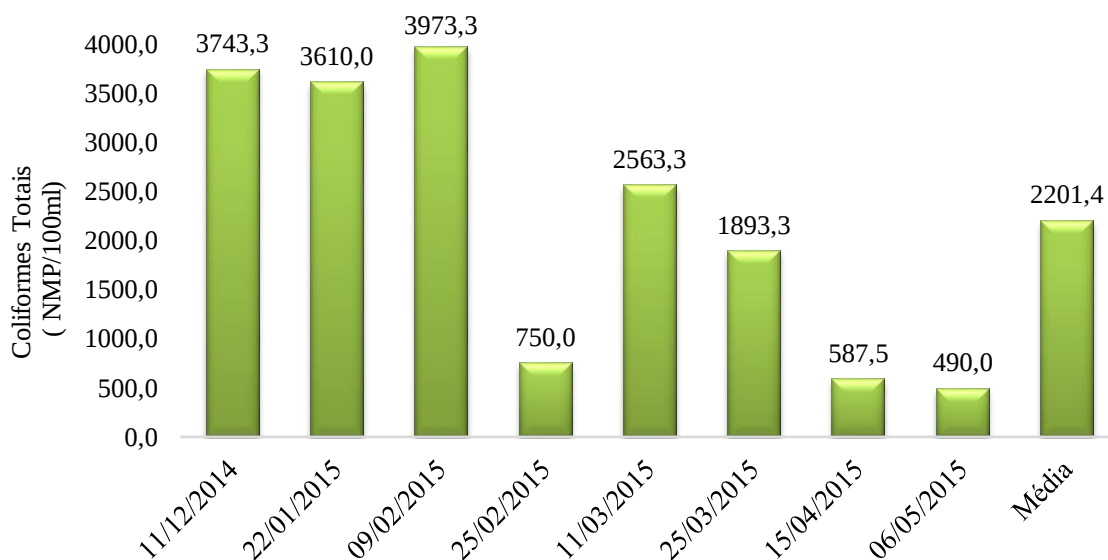


A pesquisa identificou a presença de bactérias do grupo coliforme na água de chuva no reservatório, obtendo valores que variaram de 490 à 3743,3 NMP/100mL para coliformes totais (Figura 30) e de 0 a 200 NMP/100mL para *Escherichia coli*. Todas as amostras apresentaram coliformes totais, e apenas as amostras coletadas em janeiro, 25 de fevereiro e 11 de março continham *Escherichia coli*. Os resultados positivos vêm da presença de fezes de animais na superfície do telhado da FE.

Ao comparar os resultados ao encontrado por Vacari (2015), também na UFMT apenas em prédio diferente, pode se perceber que mesmo sob a mesma condição climática ocorreram variações na qualidade, sendo a qualidade do SAAC da FE pior. Vacari (2015) encontrou valores 5 NTU para turbidez, medianas de 2 PtCo para cor, de 1,67 a 5,8 mg/l para DBO variou, de 0 a 0,16 mg/L para os sólidos totais e de 6,9 a 7,58 para o pH, e variação de 14 a 214 μ s/cm para condutividade. Isso pode ser explicado pelo período amostral das coletas da autora, de

janeiro a abril de 2015, ou seja, quando atmosfera já estava mais limpa, e também porque a superfície dos módulos experimentais de coleta não apresenta as mesmas características de um telhado convencional.

Figura 30 - Valores de Coliformes totais médios por evento de amostra no reservatório de água de chuva da FE



A variabilidade da qualidade da água da chuva que é escoada e armazenada (ANECCINNI, 2006; GONÇALVES, 2009; GWENZI et. al, 2015; NAKADA e MORUZZI, 2014; REBELLO, 2004) sofre grande influência da presença de detritos e fezes de animais que se depositam que podem ser lavados e carregados ao reservatório.

A fim de realizar um comparativo dos saldos desta pesquisa, na Tabela 12 é possível observar os valores obtidos nesta pesquisa com outros valores encontrados na literatura. São trabalhos que apresentam resultados de qualidade da água de chuva após armazenamento ¹, após descarte de um milímetro² e logo após sua passagem pelo telhado³.

Na comparação é possível notar que as variáveis de dureza, sólidos totais e dissolvidos e condutividade se encontram muito acima dos valores encontrados pelos autores citados. A turbidez foi a variável com valores mais próximos dos demais, apresentando apenas o valor máximo acima do encontrado por Anecchini (2005).

Tabela 12- Comparação entre os valores de qualidade da água de chuva encontrados nesta e em outras pesquisas

Parâmetro	Esta pesquisa			Giacchini et al (2013) ¹			Anecchini (2005) ²			Hagemann (2009) ³		
	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.	Min.	Média	Máx.
pH	7,34	7,85	8,34	7,03	-	7,88	6,17	6,53	6,77	6,5	7,3	7,9
Cor (PtCO)	4	12	29	2,50	-	25	0	2,1	5,7	-	5-31	70
Turbidez (NTU)	0,2	0,6	1	0,35	-	1,63	0,1	0,5	0,9	7	12-35	89
Dureza	81,5	208,8	442,2	-	-	-	11	19	24	21,1	33,5-52,1	75,4
Sólidos (mg/L)	13	267	1618	-	-	-	2	4	6	93	18-148	232
SD* (mg/L)	26,1	268	239	-	-	-	39	80,2	123	31	25-80	114
CT*(NMP/100ml)	3,74	2201,4	1168	0	-	>23	20	146	285	-	-	-
E. Coli	0	75	200	0	-	>23	-	-	-	0	5-24	1782
Condutividade	39	166	384	-	-	-	7	16	31,7	29	54-115	160
DBO (mgO ₂ /l)	0		2,2	-	-	-	0,6	0,2	0,6	1	4-7	10
DQO (mgO ₂ /l)	0		3,9	-3,02	-	-2,06	3,02		12,06	13	3-42	55

*SD- Sólidos Dissolvidos; CT- Coliformes Totais

¹ Caracterização qualitativa da água de chuva armazenada durante o período de sete dias

² Caracterização da água da chuva coletada no reservatório com eliminação de 1,0 mm

³ Valores de Água coletada após passar pelo do telhado da Universidade Federal de Santa Maria considerando 5 séries amostrais.

Por não haver uma legislação específica que se refira a qualidade da água da chuva, uma comparação com a legislação brasileira foi feita através da Resolução 357 do CONAMA, considerando recomendações para águas doces classe 1 e 2 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 13 - Valores das variáveis analisadas e parâmetro de diretrizes brasileiras.

Parâmetro	Esta pesquisa			NBR 15527/2007		CONAMA 357	
	Min.	Média	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
pH	7,34	7,85	8,34	6	8	6	9
Cor (PtCO)	4	12	29	<15	<15		75
Turbidez (NTU)	0,2	0,6	1	<2	<5	40	100
Dureza	81,5	208,8	442,2	-	-	-	-
Sólidos (mg/L)	13	267	1618	-	-	-	-
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	26,1	268	239	-	-	500	500
Coliformes Totais (NMP/100ml)	3,74	2201,4	1168	Ausência	Ausência	200	1000
<i>E. Coli</i> (NMP/100ml)	0	75	200	Ausência	Ausência	200	1000
Condutividade	39	166	384	-	-	-	-
DBO (mgO ₂ /l)	0		2,2	-	-	3	5
DQO (mgO ₂ /l)	0		3,9	-	-	-	-

Os resultados da caracterização da água de chuva do sistema em discussão mostraram que o acúmulo de impurezas na área de coleta, mesmo em intervalos mais curtos, bem como a ausência de filtros/telas e de um sistema de descarte da primeira chuva influenciaram na concentração das variáveis analisadas. Esses resultados revelaram ainda que a qualidade da água para as variáveis analisadas com parâmetro correspondente, com exceção dos Coliformes Totais, é superior as recomendações da Resolução 357 do CONAMA, atendendo inclusive o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria nº 2914 quanto a turbidez, dureza e sólidos dissolvidos

De modo geral os valores encontrados se aproximam mais aos valores encontrados por Hagemann (2009), que correspondem a água coletada após passar pela área de captação, o que mostra que efetivamente qualidade é pior se comparada a situações onde houve o descarte dos primeiros milímetros e algum tratamento de água.

Vaccari et. al. (2006), verificou que após o armazenamento, tendo havido o descarte de 1mm e a remoção de folhas, a redução dos sólidos, e da turbidez é significativa, 0,9 a 0,2 NTU (valores máximos). Para DBO a redução 1,2 para 0,2. Para coliformes houve redução, porém não significativa. Figueiras (2013), também constatou a maior eficiência na melhora da qualidade com a eliminação do primeiro milímetro de água de chuva, verificando 99% de redução de coliformes totais e 100% de *Escherichia Coli*.

Tendo em vista a qualidade comprometida, a inexistência de dispositivos de descarte dos primeiros milímetros de chuva e de remoção de detritos, é possível concluir que há uma impossibilidade de controlar a qualidade da água de chuva, sobretudo, caso essa seja armazenada para manter o suprimento em dias sem ocorrência de precipitações, conforme os métodos de dimensionamento de reservatório e o Volume aproveitável de Água de chuva indicam ser coerente.

No entanto o SAAC da FE precisa oferecer segurança sanitária aos usuários. Apesar de a água pluvial ser utilizada para fins não potáveis esta não pode oferecer nenhum tipo de risco. Dessa forma uma alternativa é utilizar derivado clorado para o tratamento. Contudo a presença de matéria e sólidos condiciona o processo de desinfecção uma vez que no mesmo pode ocorrer a formação de subprodutos, dentre eles os trihalometanos (THM) considerados com potencial carcinogênicos.

Dessa forma faz-se necessário, como recomenda a NBR 15527/2007, a instalação de dispositivos de descarte da água de escoamento inicial e do dispositivo de remoção de detritos, bem como o monitoramento mensal da concentração de cloro residual quando utilizado nos reservatórios de armazenamento para que este se mantenha entre 0,5 e 3,0 mg/L.

2.7.3 Indicadores econômicos (IE)

Quanto a economia gerada pelo uso de água pluvial nas bacias sanitárias foi possível perceber uma poupança de R\$ 864,97 ao utilizar a tarifa de acordo com a faixa de consumo conforme é apresentado na Tabela 14. Isoladamente esse valor não parece atrativo, porém se correspondesse em proporção ao consumido por todo o campus obter-se-ia uma economia significativa.

Tabela 14 - Economia gerada pelo sistema de aproveitamento de água de acordo com a faixa de consumo para o prédio da FE em 2015

Período	Consumo (m³)	Tarifa	Economia
22/01/2015	10,3	7,26	R\$ 74,78
25/02/2015	16,7	7,26	R\$ 121,24
25/03/2015	43,7	7,26	R\$ 317,26
15/04/2015	20,8	7,26	R\$ 151,01
06/05/2015	12,69	7,91	R\$ 100,38
22/06/2015	9,91	4,82	R\$ 47,77
27/07/2015	0	4,82	R\$ 0,00
20/08/2015	0	4,82	R\$ 0,00
22/09/2015	0	4,82	R\$ 0,00
15/10/2015	3,4	4,82	R\$ 16,39
17/11/2015	3,2	4,82	R\$ 15,42
16/12/2015	4,3	4,82	R\$ 20,73
Total	125	70,69	R\$ 864,97

Fonte: o autor

Considerando os possíveis 4.747,1 m³ de consumo hipotéticos, caso houvesse no restante do campus o AAC, conforme definidos na seção 4.2.1 deste trabalho, e a tarifa de consumo mínima a poupança seria de R\$ 22.881. A Tabela 15 traz o consumo e os valores pagos a concessionária pelo abastecimento de água potável nos anos de 2014 e 2015. Na Figura 31 é exposto o consumo e o valor pago por esse consumo mensal e anual no período de 2009 a 2015.

No que diz respeito ao período de retorno do SAAC, o custo total do sistema que de acordo com a PROPLAN foi de R\$ 20.000,00. A partir dessa informação e do valor poupado com o AAC o payback simples foi calculado considerando apenas a economia obtida em relação ao valor cobrado pela concessionária de água. Para isso se subtraiu o valor poupado do custo total até zerar o saldo negativo.

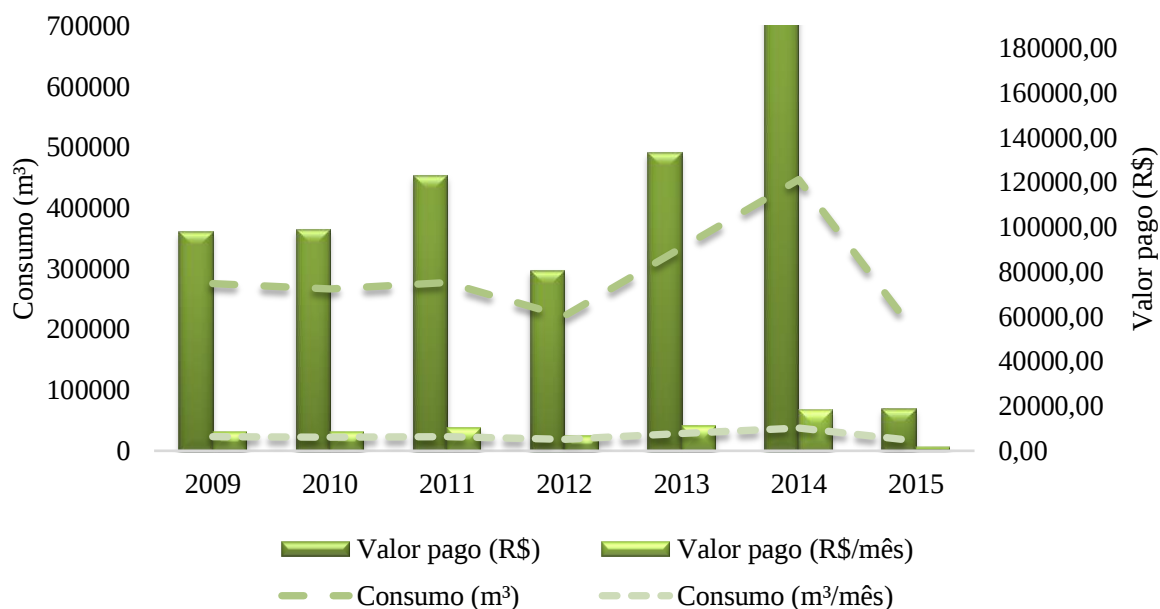
Tabela 15 - Valores pagos pelo consumo de água potável na UFMT campus Cuiabá em 2014 e 2015

Mês	2014		2015	
	Consumo (m³)	Valor pago (R\$)	Consumo (m³)	Valor pago (R\$)
Janeiro	14467	82635,25	11936	78287,06
Fevereiro	11808	68800,09	6683	43754,17
Março	*	*	7571	49591,85
Abril	9719	74323,27	*	*
Mai	12418	85722,16	4289	32508,91
Junho	9729	66272,92	*	*
Julho	9805	64277,98	*	*
Agosto	9990	67454,48	5710	42191,04
Setembro	9435	61845,64	7914	58029,96
Outubro	10605	70,858,48	8257	61508,79
Novembro	10870	72619,51	*	*
Dezembro	12366	81113,84	*	*

*dado não encontrado

Fonte: PROAD 2015.

Figura 31 - Valores pagos pelo consumo de água potável na UFMT campus Cuiabá de 2009 a 2015



O payback gerou um período de retorno do investimento de 23,6 anos. Esse período pode ter sofrido influência da baixa eficiência de aproveitamento da disponibilidade de água de chuva e do baixo consumo. Situações piores de 31 e 51 anos foram encontradas por Farreny et. al. (2011).

Apesar de não considerar custos com manutenção e operação e com taxas de reajustes das tarifas o payback simples calculado neste estudo serve como um indicativo de longo prazo de retorno para o investimento no SAAC da FE.

RESUMO DO PAYBACK SIMPLES

Custo total do sistema	R\$20.000,00
Economia gerada pelo sistema	R\$ 864,97/ano
Período de retorno	23 anos e 6,3 meses

Segundo Silva et. al. (2015), não há garantias de viabilidade econômica em SAAC e reservatórios grandes têm acentuada influência no período de retorno, de maneira que volumes menores conferem maior viabilidade econômica ao sistema. Equilibrar custos de investimentos, operação e manutenção e a economia com os custos do abastecimento é uma função não-linear do AAC, do volume utilizado e do custo do SAAC.

Esse longo período contrasta com o resultado da avaliação, baseada na otimização do Valor Presente Líquido (VPL) feita por Ilha e Campos (2014), onde mesmo considerando reajustes máximos de tarifa o investimento em SAAC é interessante.

Apesar da importância da avaliação econômica dos projetos de aproveitamento de água de chuva o manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), alerta para a necessidade de se avaliar a qualidade dos investimentos na implantação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, no que se refere a atratividade da redução dos impactos ambientais sob o ponto de vista dos investidores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados demonstram que o sistema de aproveitamento de água de chuva da FE da forma como foi concebido e da forma como funciona não deve ser replicado, sendo o modelo atual inviável.

No entanto, quanto a sustentabilidade da bacia, tem-se no aproveitamento de água pluvial uma alternativa viável que contribui para a minimização dos efeitos do escoamento superficial e para retardar os picos de alagamento. Além disso, o uso da água de chuva na UFMT se justifica como alternativa de suprimento de água diante da realidade de intermitências do abastecimento vivida no *campus*.

A concepção do sistema na perspectiva da média histórica observada de 1342,3 mm anual, apesar da sazonalidade marcante, apresenta uma potencialidade com volume próximo ou superior a regiões com chuvas regulares. Do ponto de vista do volume de água pluvial aproveitável a viabilidade se justifica desde que se observe a variabilidade deste volume, pois os dados pluviométricos podem levar a superdimensionamento do reservatório caso haja aumento da demanda.

Ao que se refere ao funcionamento do sistema ressalta-se que além do descumprimento de alguns aspectos recomendados pela NBR 15527/2007, o modo como o sistema é operado pode interferir no diagnóstico da demanda real de consumo do prédio por se basear em uma análise subjetiva de sazonalidade das precipitações, e então determinar sobre a interrupção do fornecimento de água pluvial. Entretanto, quanto aos aspectos quantitativos de consumo observados constata-se que o sistema atende a 21% do total consumido no prédio da FE e, 62% do consumido apenas nas bacias sanitárias.

Com relação a qualidade da água de chuva do sistema de aproveitamento da Faculdade de Economia da UFMT *campus* Cuiabá, é observado por meio da sua caracterização um comprometimento maior das variáveis associadas a presença de sólidos e impurezas oriundas da lavagem do telhado, destacando a relevância de o sistema conter o meio de descarte da primeira chuva, bem como filtros de remoção de detritos.

Sendo assim o sistema é inviável por ferir a segurança sanitária, não garantindo sustentabilidade do ponto de vista social. Ademais, evidencia-se a importância da higienização dos reservatórios, também fazendo necessário o tratamento para minimizar os riscos de danos à saúde. Para isso é urgente a instalação do dispositivo de descarte da primeira chuva e de remoção de detritos. Recomenda-se ainda a utilização da NBR 15527/2007 como critério para o monitoramento.

Para a decidir sobre a viabilidade financeira do AAC aconselha-se optar por utilizar a ferramenta VPL pois o payback adotado, além de simples, ignora os fluxos de caixa posteriores ao período limite de recuperação do investimento. Recomenda-se ainda comparar o VPL de diferentes formas construtivas e dimensionamentos de reservatórios.

Os dados levantados contribuem para a meta de elaboração do Plano de Água do PLS da UFMT fornecendo indicativos a serem considerados na melhora do abastecimento atual e na projeção de um novo sistema de sistema de abastecimento do campus. Não obstante, para melhor cumprimento desta meta aconselha-se que seja feito uma avaliação dos métodos de dimensionamento dos reservatórios de água para que se chegue a um volume que aumente a eficiência do sistema, minimizando os custos com o reservatório. Aconselha-se também fazer uso da água de chuva para lavagem de pisos e irrigação de espaços vegetados para melhor aproveitar o volume disponível nos períodos de chuva e melhor contribuir com o retardamento do pico de vazão de chuva.

Sugere-se que os futuros sistemas atendam a uma demanda maior por água não potável, com centrais que abasteçam mais de uma edificação. Isso melhoraria a eficiência em aproveitar a disponibilidade da água em períodos chuvosos, o que tornaria o sistema mais atrativo financeiramente. Também se sugere uma avaliação da viabilidade da construção de um reservatório elevado para substituir ou minimizar a necessidade de bombeamento, bem como uma automação do sistema.

Contudo, vale ressaltar que uma boa operação e manutenção de sistemas de aproveitamento de água de chuva como esse dependem da existência de uma equipe de gestão da sustentabilidade com responsabilidades bem definidas e capaz de fundamentar a melhoria continua das iniciativas implantadas, bem como disseminá-las.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 20047.
- AKTER, A.; AHMED, S. Potentiality of Rainwater harvesting for an urban community in Bangladesh. **Journal of Hydrology**. 2015. v. 528. p. 84-93.
- ALMEIDA, Josimar Ribeiro. **Gestão Ambiental para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro. Thex. 2012. 566p.
- ALVES, R. ANA e Ministério da Integração apresentam Plano Nacional de Segurança Hídrica. **ANA**, 2014. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12525> Acesso em: 18 de setembro de 2015.
- ANA – Agência Nacional da Águas (Brasil). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Engecorps/Cobrape. Brasília, 2010. v.1.
- ANA – Agência Nacional da Águas (Brasil). **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: resultado por estado**. Engecorps/Cobrape. Brasília, 2010. v.2.
- ANA – Agência Nacional da Águas (Brasil). **Fatos e tendências: água**. ANA. Brasília, set. 2009.
- ANA – Agência Nacional da Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. 432 p.
- ANA – Agência Nacional da Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2014**. Brasília: ANA, 2015. 107p.
- ANA – Agência Nacional da Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras: Edição Especial**. Brasília: ANA, 2015. 107p.
- ANA – Agência Nacional da Águas. **Encarte Especial Sobre a Crise Hídrica**. In: **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2014**. Brasília: ANA, 2015. 163p.
- ANA; FIESP; SindusCon-SP. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.
- ANA; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2011. 154 p.
- ANDRADE, M.M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. 10ed., São Paulo: Atlas, 2010.
- ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, AWWA, WPCF, 1998.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 17ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. 350p.

BARBIERI, J. C.; SILVA, D. da. Desenvolvimento Sustentável e Educação Ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. **RAM, Rev. Adm. Mackenzie**. São Paulo, SP, vol. 12, nº3, edição especial. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167869712011000300004&lang=pt >. Acesso em 02 de novembro de 2014.

BRASIL Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008**. Estabelece o enquadramento das águas subterrâneas.

BRASIL. Agência Nacional das Águas-ANA. **Resolução 903 de 22 de julho de 2013**. Cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA – e estabelece suas diretrizes.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH. **Resolução nº 141, de 14 de julho de 2012**. Estabelece critérios e diretrizes para implementação dos instrumentos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e de enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, em rios intermitentes e efêmeros.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 18 de setembro de 2015.

BRASIL. **Constituição Federal (1988)**. Constituição: República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 8.038, de 4 de julho de 2013**. Regulamenta o Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água – Programa Cisternas.

BRASIL. **Decreto nº 7217, de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC.

BRASIL. **Lei nº 11445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L11445.htm>. Acesso em: 18 de setembro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 28 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.

BRASIL. **Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 18 de setembro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.** Criou a Agência Nacional de Águas (ANA).

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 9.993, de 24 de julho de 2000.** Destina recursos da compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais par o setor de ciência e tecnologia.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 18 de setembro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 9605, de 02 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em: 18 de setembro de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n. 01 de 19 de janeiro de 2010.** Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.comprasnet.gov.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

BRASIL. Secretária de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (STLI) /MPOG. **Instrução Normativa n. 10 de 12 de novembro de 2012.** Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o Art. 16, do Decreto 7.746, de 5 de junho de 2012. Disponível em: < <http://www.comprasnet.gov.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

CHEN, S; WANG, H.; YANG, W.; ZHANG, D. Research on City Energy Conservation Basing Rainwater Utilization. **Procedia Environmental Sciences** 12, 2012. p. 72 – 78.

CHENG-LI, C. Evaluating water conservation measures for Green Building in Taiwan. **Building and Environment**, 2003. p. 369–379.

CONTRERAS, S.M.; SANDOVAL, T.S.; TEJADA, S.Q. Rainwater Harvesting, its Prospects and Challenges in the Uplands of Talugtog, Nueva Ecija, Philippines. **International Soil and Water Conservation Research**. 2013. v. 1. p. 56-67.

CURITIBA. **Lei Municipal nº. 10.785**, de 18 de setembro de 2003: Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Curitiba, 2003, de 18 set. 2003.

DAGILIŪÈ, R.; LIOBIKIENÈ, G. University contributions to environmental sustainability: challenges and opportunities from the Lithuanian case. **Journal of Cleaner Production**. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.015>>. Acesso em: 16 de setembro de 2015.

EPA - Environmental Protection Agency. **Guidelines for reuse**. Technology Transfer Manual, EPA/625/R-04/108. Washington, September 2004.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture**. Rome, 2013.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW): Managing systems at risk**. Rome and Earthscan, London: FAO, 2011.

FARRENY, R.; GABARRELL, X. RIERADEVALL, J. Cost-efficiency of Rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighborhoods. **Resour. Conserv. Recycl.** 2011.

FENDRICH, R. **Manual de Utilização das águas Pluviais (100 Maneiras Práticas)**. Curitiba, Chain Editora. 2ª Ed – ampliada. 190p. 2009.

FIGUEIRAS, M. L. **Avaliação da influência do descarte das primeiras águas de chuva sobre a qualidade bacteriológica da água captada em telhado**. 2013, 70 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, 2013.

GAION, P. P. **Diretrizes de Planejamento e Projeto Urbano Sustentável de Campi Universitário: o Caso da UFSCar**. São Carlos: UFSCar, 2014. 251f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos.

GHIMIRE, S. R.; JOHNSTON, J. M. Impacts of domestic and agricultural rainwater harvesting systems on watershed hydrology: A case study in the Albemarle-Pamlico river basins (USA). **Ecohydrology & Hydrobiology**. V. 13. 2013. Pg. 159-171.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. 144f. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GIACCHINI, M. Uso/Reúso da água. Curitiba: **CREA - PR**, 2010a (Série de Cadernos Técnicos do CREA-Pr). Disponível em: <http://www.crea-pr.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=37:cadernos-tecnicos>. Acesso em 11 de maio de 2015.

GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G.; SANTOS, D.C. Análise comparativa de métodos de dimensionamento de reservatório de aproveitamento da água de chuva. Revista **TechnoEng**, v. 1, p. 3-3, 2010b.

GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G.; Santos, D.C. Estudo prospectivo da água de chuva armazenada em reservatório. **Hydro** (São Paulo), v. 79, p. 52-57, 2013.

GIACCHINI, M.; ANDRADE FILHO, A. G.; SANTOS, D.C. Estudo do Método de Azevedo Neto para Dimensionamento de Reservatório de Água De Chuva. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH, 2011.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional de Água e Energia**. in PROSAB - Rede Cooperativa de Pesquisas. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, Al. La Universidad como Factor de Desarrollo Local Sustentable. **Ra Ximhai** [On-line], ISSN 1665-0441. México, vol. 9, n. 1, janeiro-abril de 2013. Disponível em:<<http://redalyc.org/articulo.oa?id=46127074007>>. Acesso em: 2 de novembro de 2014.

GOOGLE EARTH. Imagem, 2013. Acesso Junho, 2014.

GRIBBIN, J. E. **Introdução à hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais**. São Paulo. Cengage Learning, 2013. 3º ed. Norte-americana.

GUTIÉRREZ BARBA, B. E.; MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, M. C.. El Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable en las Instituciones de Educación Superior. Escenarios Posibles. **Revista de la Educación Superior** [On-line]. ISSN 0185-2760. Mexico, vol XXXIX (2), nº154, abril-junho 2010. Disponível em:<<http://redalyc.org/articulo.oa?id=60418903006>> . Acesso em 02 de novembro de 2014.

GWENZI, W.; DUNJANA, N.; PISA, C.; TAURO, T.; NYAMADZAWO, G. Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. **Sustain. Water Qual. Ecol.** 2015. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.01.006>> Acesso em set. 2015.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da Água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 307 - 316, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. IBGE, 2010.

ILHA, M. S. de O.; CAMPOS, M. A. S. Qualidade de investimentos no uso de água pluvial: Particles Swarm Optimization para a maximização do valor presente líquido. **Eng Sanit Ambient**, 2014. v.19 n.4 p. 373-382.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Estação A901. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf>
Acesso: maio de 2014.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

MAGRIOTIS, Z. M. **Eco Universidade: Plano Ambiental para uma universidade socioambientalmente correta**. Minas Gerais. Universidade Federal de Lavras. Pró-Reitoria de Planejamento e Gestão. Disponível em:
<http://inovacao.enap.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=335>.
Acesso em: 01 de dezembro de 2014.

MAHMOUD, W. H.; ELAGIB, N.A.; GAESE, H.; HEINRICH, J. Rainfall conditions and rainwater harvesting potential in the urban area of Khartoum. **Resour. Conserv. Recycl.** 2014. v. 91. p. 89-99.

MARINHO, M; GONÇALVES, M. do. S; KIPERSTOK, A. Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university. **Journal of Cleaner Production**, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.053>. Acesso em: maio 2015.

MARQUES, C. M. **Proposição de sistema de aproveitamento de água de chuva para o campus campina grande do ifpb: estudo da viabilidade econômica**. 2012, 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

MARTINS, A. Sistema Cantareira e a crise da água e São Paulo: a falta de transparência no acesso à informação. **Artigo 19**, 2014. Disponível em: <http://artigo19.org/wp-content/uploads/2014/12/Relat%C3%B3rio-Sistema-Cantareira-e-a-Crise-da-%C3%81gua-em-S%C3%A3o-Paulo-%E2%80%93-a-falta-de-transpar%C3%A2ncia-no-acesso-%C3%A0-informa%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 20 de abril de 2015.

MATO GROSSO. **Lei estadual nº 6.945, de 05 de novembro de 1997**. Dispões sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Mato Grosso e dá outras providências.

MATO GROSSO. **Lei estadual nº 9 674, de 19 de dezembro de 2011**. Autoriza o Poder Executivo a criar mecanismos de incentivo e captação da água de chuva e dá outras providências.

MERCADO, A. El papel de la universidad en la conformación de un modelo productivo sustentable en Venezuela. **Cuadernos del CENDES** [On-line]. Venezuela, vol. 22, nº 58, pp. 23-45, ISSN 1012-2508, janeiro-abril, 2005. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40305803>> Acesso em 02 de novembro de 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano** – PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004, Brasil.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Água: U recurso cada vez mais ameaçado. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2015.

MORITZ, M. O.; DEBEI HERLING, L. H.; DE MELO, P. A.; MARINO COSTA, A. A Prospecção de Cenários nas Universidades: variáveis portadoras de futuro e a trajetória da

Universidade Federal de Santa Catarina para 2022. **Revista de Ciências da Administração** [On-line].. Santa Catarina, vol 13, nº31, pp. 111-135, ISSN 1516-3865, maio-agosto de 2011. Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273522105006>> Acesso em 02 de novembro de 2014.

NAKADA, L.Y.K.; MORUZZI, R. B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Eng Sanit Ambient.** v.19 n.1. jan/mar 2014. pg 1-9.

NUNES, R. T. S. **Conservação da Água em Edifícios Comerciais: Potencial de uso racional e reuso em shopping center.** 2006. 144p. Dissertação (mestrado em Ciências em Planejamento) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Blucher, 1976. 278p

REBELLO, G. A. O. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2004.

RECIFE. **Lei Municipal nº 18.112 /2015.** Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências.

RIGHETTO, A. M. PROSAB. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396p.:

RIO DE JANEIRO. **Decreto Municipal nº 23.940,** de 30 de janeiro de 2004. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

SÃO PAULO. **Lei Municipal nº 13.276,** de 4 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/cidades.pl?cidade=São Paulo&estado=SP&camara=1>>. Acesso em: 11 junho de 2015.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de CASTRO. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2º edição. Brasília. ANEEL, 2000. 207p.

SILVA, C. M.; SOUSA, V.; CARVALHO, N.V. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. **Resour. Conserv. Recycl.** 2015. v. 94, p. 21-34.

SILVA, J.Á da. Diagnóstico do sistema de abastecimento de água do campus da fundação universidade federal de mato grosso em Cuiabá como subsídio a uma proposta de uso racional de água 2015. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

SILVEIRA, E. W. da; GODOY, M. T.T. de. **Plano de Gestão de Logística Sustentável 2014 – 2015**. Pró-Reitoria de Desenvolvimento Institucional e Recursos Humanos; Goiânia: FUNAPE, 2013. Disponível em :< https://sustentabilidade.prodirh.ufg.br/up/676/o/original_Site_PLS-UFG_2014-2015.pdf>. Acesso em 02 de novembro de 2014.

SOUZA, S. H. B. de; MONTENEGRO, S. M.G.L.; SANTOS, S. M. dos; PESSOA, S. G. dos S. Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias e Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Volume 16 n.3 - Jul/Set 2011, p. 81-93.

TARIFA, J. R. **Mato Grosso: clima: análise de representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gest. Prod.** [online]. Brasil, vol.13, n.3, pp. 503-515. ISSN 0104-530X, novembro-dezembro de 2006. Disponível em<<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2006000300012>>. Acesso em 02 de novembro de 2014.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. In: Água pague menos. 2010.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis Diretrizes básicas para um projeto. In: 6º SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. 2007. “ **Água de chuva: pesquisas, políticas e desenvolvimento sustentável**”. 2007. Disponível em: < http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em: 29 de junho de 2015.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. 2ed. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

UFC. **Plano de Logística Sustentável da Universidade Federal do Ceará (PLS - UFC)**. Fortaleza, CE. 2013. Disponível em :< <http://www.ufc.br/gestao-ambiental-02/plano-de-logistica-sustentavel>>. Acesso em 02 de novembro de 2014.

UFMT. Resolução CD n.º 05, de 25 de março de 2011. Dispõe sobre as normas de uso do espaço físico dos campi da Universidade Federal de Mato Grosso e dá outras providências. Disponível em < <http://sistemas.ufmt.br/ufmt.resolucao/FrmConsultarResolucao.aspx?pageIndex=2&txtCritério=&txtNúmero=&txtAno=2011&tipoUID=1>>. Acesso em 10 de set. de 2015.

UFPA. **Plano Geral de Gerenciamento de Resíduos da Ufpa**. Belém, PA. 2008. Disponível em :< <http://www.ufpa.br/prefeitura/relatorios/PGRSS.pdf>>. Acesso em 02 de novembro de 2014.

UFSM. **Plano de Gestão de Logística Sustentável 2013 – 2015**. Santa Maria, RS, setembro de 2013. Disponível em :<<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2006000300012>>. Acesso em 02 de novembro de 2014.

VACCARI ANNECCHINI, K. P.; REBOUCAS, T. C.; BOLSONI, P.; F. **Estudo da qualidade da água da chuva na cidade de Vitória com vistas ao aproveitamento não**

potável em edificações. In: VIII SIBESA Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, Fortaleza. Estudo da qualidade da água da chuva na cidade de Vitória com vistas ao aproveitamento não potável em edificações, 2006.

VACCARI, K. P.; FERNANDES, B. C.; FERNANDES, D. **Dimensionamento de reservatório de água de chuva para uso não potável em edificações na cidade de Vitória (ES).** In: VIII SIBESA Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, Fortaleza. Dimensionamento de reservatório de água de chuva para uso não potável em edificações na cidade de Vitória (ES), 2006b.

VACARI, T. C. Caracterização da qualidade da água pluvial retida em módulos experimentais de telhados verdes e o seu estudo como alternativa tecnológica para redução do volume da água pluvial escoada. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R. L. R. Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiências nas Ilhas de Belém/PA. RBRH. V.19 n.1 – jan/mar 2014. P.229-242.

VELOSO, N. da S. L.; MENDES, R. L. R. Aspectos legais do uso da água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas. In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. 2013, Bento Gonçalves. **Água, Desenvolvimento Econômico e socioambiental.** ABRH, 2013. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/396120966aefb40c59f4e996f5ed0433_3b1c5da668bad982e566128b1558fa2d.pdf> Acesso em: 11 de junho de 2015.

VIALLE, C.; BUSSET, G.; TANFIN, L.; MONTREJAUD-VIGNOLES, M.; HUAU, M.-C.; SABLAYROLLES, C. E Environmental analysis of a domestic rainwater harvesting system: A case study in France. **Resour Conserv Recy.** 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.024>> Acesso em outubro de 2015.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; HUAU, M.-C.; Jacob, S.; MONTREJAUD VIGNOLES, M. **Water quality monitoring and hydraulic evaluation of a household roof runoff harvesting system in France.** In: 12^o International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre/Brazil, 10-16. Setembro de 2011.

VIEIRA-FILHO, M.S.; LEHMAN, C.; FORNARO, A. Influence of local sources and topography on air quality and Rainwater composition in Cubatão and São Paulo, Brasil. **Atmospheric Environment.** 2015. v. 101. p 200-208.

WAKED, A. H.; FRIGO, E. P.; HERMES, E.; POSSAN, E.; FRIGO, J. P.; FRIGO, J.P. Simulação de um Sistema de Armazenamento de Água da Chuva. **Engenharia Ambiental.** Espírito Santo do Pinhal. v. 10, n. 1, p. 035-042, jan./fev. 2013.

WHATELY, M.; HERCOWIZ, M. **Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo.** São Paulo. Instituto Socioambiental, 2008.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** Paris, UNESCO.

YANG, H.X.; CHOW, W. H.; BURNETT, J. Water and Energy Conservation of Rainwater Collection Systems on Building Roofs. **Advances in Building Technology**. v. 2. 2002.